

## **SOMMAIRE**

### **INTRODUCTION**

### **PARTIE A : ETUDES BIBLIOGRAPHIQUES**

- CHAPITRE 1 :** POLYMERES NOIRS D'ACIDE CITRIQUE
- CHAPITRE 2 :** BETACAROTENE
- CHAPITRE 3:** LES ADDITIFS
- CHAPITRE 4 :** LES CHEVEUX ET SES CARACTERISTIQUES

### **Partie B : ETUDES EXPERIMENTALES**

- CHAPITRE 1 :** POLYMERISATION DE L'ACIDE CITRIQUE-SYNTHESE DU PN
- CHAPITRE 2 :** EXTRACTION DU BETACAROTENE
- CHAPITRE 3 :** SYNTHESE DES PRODUITS ACTIFS (BASIQUE ET ACIDE) A BASE DE PN, D'HUILE DE COCO, DE PRINCIPES ACTIFS ET D'HUILE ESSENTIELLE
- CHAPITRE 4 :** PROCEDURE DE DOSAGE DES TENEURS EN BETACAROTENE ET DES PN AVEC LES ACIDES GRAS DE L'HUILE DE COCO

### **CONCLUSION GENERALE**

## LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Formule développée de l'acide citrique en 3D .....	4
Figure 2 : Représentation en perspective de Cram de la molécule d'acide citrique .....	6
Figure 3 : Les polymères linéaires.....	19
Figure 4 : Homopolymère ramifié (a) et copolymère ramifié (b).....	20
Figure 5 : Polymère réticulé avec ponts disulfure reliant deux chaînes. ....	20
Figure 6 : Un polymère semi-cristallisé.....	21
Figure 7 : Formule semi développée du $\beta$ -carotène .....	22
Figure 8 : Schéma d'un alambic au cours d'une distillation par entraînement à la vapeur ...	31
Figure 9 : Déshydratation de l'acide citrique avec formation d'un alcène .....	40

## LISTE DES PHOTOS

Photo 1 : Agrumes (une source naturelle de l'acide citrique).....	5
Photo 2: Coupe d'un cheveu .....	35
Photo 3 : Polymères noirs d'acide citrique.....	42
Photo 4 : Extrait de l'huile de palme .....	43
Photo 5 : Décantation après mélange avec de l'acide acétique .....	44
Photo 6 : Décantation après neutralisation avec de l'eau distillée .....	45
Photo 7 : Molécules de bêta-carotène .....	45
Photo 8 : Polymères noirs et huile de coco après chauffage à 300°C .....	47
Photo 9 : Produit basique .....	48
Photo 10 : Echantillon du produit légèrement acide .....	49
Photo 11 : Solution à doser (coloration jaune orangé transparent), pour le bêta-carotène.....	53
Photo 12 : Solution à doser (coloration jaune orangé permanent) pour le PN.....	55
Photo 13 : Cheveux après macération dans produit basique (a) et acide (b) .....	59

## LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Solubilité de l'acide citrique dans l'eau .....	7
Tableau 2 : Types de polymérisation en chaîne .....	15
Tableau 3 : Paramètre de dosage de bêta-carotène pour produit basique .....	54
Tableau 4 : Paramètre de dosage de bêta-carotène pour produit légèrement acide .....	54

## LISTE DES SCHEMAS

Schéma 1 : Cycle de Krebs .....	9
Schéma 2 : Les deux grandes voies de polymérisation .....	11



## LISTE DES UNITES

°C : Degré Celsius, unité de mesure de la température

% : Pourcentage

Å: Armstrong : unité de mesure de longueur valant  $10^{-10}$ m

g : Gramme : unité de masse en Unité de Système Internationale

L : Litre : unité de mesure du volume égale à un décimètre cube

m : Mètre : unité de longueur en Unité de Système Internationale

ml: millimètre : unité de mesure de volume égale à un centimètre cube valant  $10^{-3}$  L

mole : Unité de la quantité de matière d'un système en unité du système internationale

n : Nombre de moles

Nm: nanomètre : unité de mesure de longueur d'onde valant  $10^{-9}$ m

V : Volume

kJ : Kilojoule

µm : micromètre valant 0,001milimètre

## LISTE DES ABREVIATIONS

PN : Polymères noirs

RMN : Résonance magnétique nucléaire

C : Carbone

H : Hydrogène

O : Oxygène

ATP : Adénosine-TriphosPhate

NADH<sub>2</sub> : Nicotinamide adénine dinucléotide (oxydé)

ADP : Adénosine-diphosphate

PVC : Polychlorure de vinyle

MgBr : Bromure de magnésium

DP : Degré de polymérisation

ΔH : Enthalpie

AFNOR : Association Française de Normalisation

## INTRODUCTION GENERALE

Nous entretenons avec nos cheveux un rapport vraiment particulier, ils expriment beaucoup de particularités : personnalité, jeunesse, vitalité, etc., et ont un rôle esthétique essentiel. De nos jours, on se penche de plus en plus sur la brillance des cheveux pour une qualité plus saine, ce qui fait partie de la vie quotidienne de beaucoup d'entre nous. Actuellement, il est difficile de redonner de la brillance et de l'éclat aux cheveux. Ils sont souvent secs, rêches et difficiles à coiffer. La perte de la brillance de la chevelure est principalement due à l'altération de la tige des cheveux et de leurs cuticules. Cette altération qui peut être entraînée par une carence alimentaire, par des agressions mécaniques (brossage trop violent, sèche-cheveux ou produits coiffants), par les rayons du soleil, le stress, par la pollution de l'environnement ou encore à cause d'eau trop calcaire. Sur ce, une solution existe : une recette contenant des polymères noirs d'acide citrique et de bêta-carotène ayant des caractéristiques satisfaisant aux demandes.

Le sujet de notre travail alors, concerne sur l'étude de **la valorisation du polymère noir d'acide citrique (PN) comme additifs nutritifs et énergétiques pour une meilleure qualité de la chevelure**. Mais qu'est ce qui différencierait ce produit des autres produits ? En effet, les molécules de polymères noirs d'acide citrique et de bêta-carotène avec l'eau peuvent franchir facilement la cuticule et se retenir sur la cuticule riche en lipides puis sont eux même retenues dans le cortex et la moelle. Ainsi, les polymères noirs et les bêta-carotènes peuvent favoriser la qualité et la viabilité des cheveux au niveau du cortex et de la moelle.

Ici notre étude se divise en deux grandes parties :

La première partie se voue aux études bibliographiques des composantes d'une coloration capillaire.

Par contre, la deuxième partie se dédie sur les études expérimentales de la polymérisation de l'acide citrique, de la synthèse du produit elle-même ainsi que des dosages utiles à qualification des doubles liaisons, des polymères noirs et de bêta-carotènes retenus dans la structure du cheveu après utilisation du produit et après extraction à chaud.

**PARTIE A:**

**ETUDES BIBLIOGRAPHIQUES**

## CHAPITRE 1 : POLYMERES NOIRES D'ACIDE CITRIQUE

### I. Bibliographie sur l'acide citrique [1] [2] [3]

#### 1. Historique

La découverte de l'acide citrique est attribuée à l'alchimiste persan Jabir Ibn Hayyan (VIII<sup>e</sup> siècle).

En 1784, un chimiste suédois nommé Carl Wilhelm Scheele, a isolé pour la première fois l'acide citrique à partir de la cristallisation du jus de citron.

En 1890, la production industrielle de l'acide citrique commença en Italie.

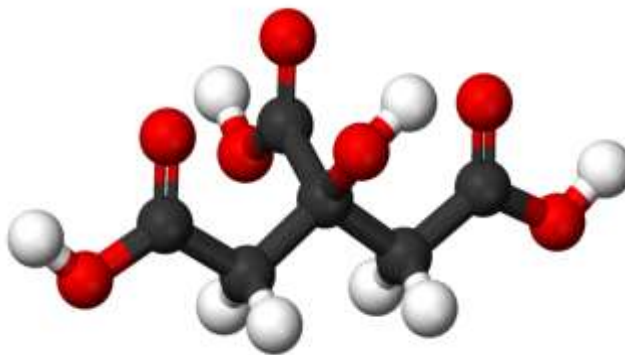
Et c'est en 1893 que l'allemand Carl Wehmer découvrit qu'une souche de *Penicillium* pouvait produire de l'acide citrique à partir du saccharose.

Mais ce n'est qu'en 1916 et 1917 qu'Alphonse Cappuyns, étudiant à Louvain, et James Currie, aux Etats-Unis, commencèrent à étudier la production d'acide citrique par voie biologique en utilisant la moisissure *Aspergillus Niger*.

Et actuellement, la principale voie de production industrielle de l'acide citrique c'est l'isolation de l'acide citrique à partir du jus de citron : par précipitation avec de l'hydroxyde de calcium ou chaux éteinte sous forme de citrate de calcium, qui redonne l'acide citrique par traitement sous acide sulfurique dilué.

#### 2. Identification

L'acide citrique dit aussi citrate, est un acide tricarboxylique  $\alpha$ -hydroxylé de formule brute  $C_6H_8O_7$  et de formule développée comme suit :



**Figure 1** : Formule développée de l'acide citrique en 3D.

D'où son appellation d'après l'IUPAC : acide 2-hydroxypropane-1, 2,3-tricarboxylique ou acide 3-carboxy-3-hydroxypentanedioïque.

C'est un triacide de forme cristalline incolore anhydre ou de cristaux monohydratés, faiblement déliquescent ; de saveur légèrement piquante et désagréable due par ses caractères acides.

L'acide citrique, sous le nom E330, est listé comme régulateur de l'acidité, antioxydant et séquestrant au standard international dans l'industrie alimentaire. Comme source de production de l'acide citrique, les micro-organismes *Aspergillus Niger* sont régulièrement rapportés, et qui sont des champignons apparaissant sous forme d'une moisissure de couleur noire sur les fruits et légumes.

### 3. Obtention

#### a. Source naturelle

L'acide citrique est naturellement présent dans une grande variété de fruits et de légumes comme le citron, l'orange, l'ananas, la groseille et la fraise, mais en grande quantité dans les agrumes. Dans le citron et la lime ou citron vert, il intervient pour plus de 95 % dans l'acidité et peut atteindre 8 % de la masse sèche de ces fruits, soit environ  $47 \text{ g} \cdot \text{l}^{-1}$  dans leur jus.





**Photo 1** : Agrumes (une source naturelle de l'acide citrique)

#### **b. Source industrielle**

Dans les années 1890, en Italie, qu'a commencé la production industrielle de l'acide citrique, qui est obtenu par traitement du jus de fruit avec de la chaux éteinte (hydroxyde de calcium  $\text{Ca(OH)}_2$  pour précipiter le citrate de calcium. Ce dernier va être ensuite traité avec une solution diluée d'acide sulfurique  $\text{H}_2\text{SO}_4$  pour finalement donner de l'acide citrique.

Par contre, en 1917, un chimiste américain nommé James Currie a découvert que les souches d'aspergille noire pouvaient produire de l'acide citrique. Et c'est deux années plus tard que la firme pharmaceutique Pfizer commença la production industrielle en utilisant cette méthode.

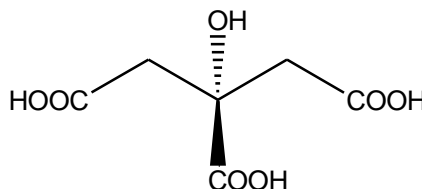
Actuellement, la principale mode de production est par voie biologique en employant la moisissure *Aspergillus Niger*. Les cultures d'*Aspergillus Niger* sont nourries dans un milieu contenant du saccharose ou du glucose issu du traitement de mélasses ou d'amidons. Après élimination de la moisissure par filtration, la solution est traitée par l'hydroxyde de calcium et le précipité de citrate de calcium est traité par l'acide sulfurique pour ensuite recouvrer l'acide citrique.

## 4. Propriétés

### a. Propriétés chimiques

L'acide citrique est avant tout un solide blanc qui peut éventuellement cristalliser avec une molécule d'eau. Il peut exister sous forme d'anhydre ou monohydrate et est un triacide hydroxylé de formule développée  $(\text{HOOC-CH}_2)_2\text{C}(\text{OH})\text{-COOH}$ .

De plus, l'acide citrique est optiquement inactif, à cause de la présence d'un plan de symétrie sur l'image de la formule semi-développée de l'acide citrique ci-dessous.



**Figure 2 :** Représentation en perspective de Cram de la molécule d'acide citrique

Par ailleurs, l'acide citrique est un triacide dont les  $pK$  à 25 °C valent 5,21 ; 4,28 et 2,9213. Le  $pK_a$  du groupe hydroxyle a été mesuré par spectroscopie RMN au  $^{13}\text{C}$  à 14,414. Aussi, le pH d'une solution aqueuse d'acide citrique à 1 mol/L est d'environ 3,2. Et le pH des jus de fruits tels que les jus d'orange et les jus de citron dépendent de la concentration en acide citrique : le pH diminue lorsque la concentration en acide augmente, et augmente lorsque la concentration en acide diminue.

### b. Propriétés physique

L'acide citrique de masse molaire  $192,1235 \pm 0,0075$  [g/mol]. Avec une composition centésimale : C 37,51 %, H 4,2 % et O 58,29 % et de masse volumique égale à  $1,66$  [g/cm<sup>3</sup>] à 20 [°C].

- Sa solubilité dans l'eau varie selon la température.

**Tableau 1** : Solubilité de l'acide citrique dans l'eau

Température [°C]	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Solubilité [%m]	54,0	59,2	64,3	68,6	70,9	73,5	76,2	78,8	81,4	84,0

- Température de fusion : 153 [°C]
- Température d'ébullition : 175 [°C]. Au-dessus de cette température, l'acide citrique se décompose en acides aconitique, citraconique, itaconique, du dioxyde de carbone et de l'eau.
- Température d'auto-inflammation: 1 010 [°C]
- Point d'éclair : 100 [°C]
- Limites d'explosivité dans l'air : 0,28–2,29 [%vol].

### 3. Utilisation

#### a. Industrie alimentaire et cosmétique

L'acide citrique est un additif alimentaire (numéro E330), en effet c'est un acidifiant, un correcteur d'acidité, un agent de conservation pour les conserves de maison, un agent de sapidité, un agent de gonflement, et un composant d'arômes.

C'est aussi un ajusteur de pH pour corriger un pH trop élevé dans vos préparations cosmétiques, notamment dans les produits moussants utilisant la base moussante ou la mousse de Sucre.

Il est aussi un ingrédient indispensable pour la réalisation des produits de bain effervescent comme les bombes de bain, les galets de bain, et les "poudres magiques".

Par ailleurs, l'acide citrique peut servir à enlever des taches de rouille, et de détartrer tous types d'appareils ménagers et de surfaces, par exemple pour le détartrage des robinets, réducteurs d'eau, etc.

De plus, c'est un agent complexant du fer dans les vins afin de retarder la casse ferrique, et en même temps un agent de lavage interférant dans la production des shampooings, notamment pour éliminer graisses et teintures.

#### **b. Industrie pharmaceutique**

L'acide citrique peut être utilisé dans les produits cosmétiques et pharmaceutiques :

- En effet, le citrate est lié au calcium sanguin, ce dernier étant nécessaire, à la coagulation sanguine. Ceci est à l'origine de ses propriétés anticoagulantes, employées en laboratoire et pour la conservation des produits sanguins. Le citrate n'est jamais administré en thérapeutique, et cette propriété rend nécessaire d'administrer du calcium en supplément en cas de transfusion sanguine massive.
- Le citrate est aussi utilisé sous forme de citrate de potassium ou de sodium pour l'alcalinisation des urines et la prévention des calculs urinaires, surtout en cas d'hypocitraturie où leur utilisation réduit le risque de récurrence de lithiases calciques en inhibant la croissance des calculs d'oxalate de calcium et de phosphate de calcium. Toutefois, du fait de ses effets secondaires, ce traitement n'est que peu toléré sur le long terme et on lui préfère souvent l'absorption de deux verres de jus d'orange par jour.

#### **c. Autres**

L'acide citrique joue un rôle fondamental dans le métabolisme de tous les organismes vivants. En effet, il est un intermédiaire du métabolisme des organismes aérobies, ce qui explique le métabolite du cycle de Krebs, appelé le cycle de l'acide citrique en anglais et dans les langues germaniques. Ce cycle a été découvert par étapes dans les années 1930, dont plusieurs de ses éléments ayant été identifiés par le biologiste moléculaire hongrois Albert Szent-Györgyi. Tandis qu'en 1937 son fonctionnement cyclique était mis en évidence par le biochimiste allemand, sir Hans Adolf Krebs, Prix Nobel de Physiologie et Médecine 1953.

Le cycle de Krebs est la dernière phase de la dégradation de la plupart des métabolites : il a lieu dans les mitochondries, en étroite relation avec la respiration cellulaire. Et c'est à partir de l'acide pyruvique que le cycle de Krebs termine la glycolyse anaérobie, ainsi que la dégradation des acides gras et de certains acides aminés à partir de l'acétyl-CoA.

La première étape est la formation d'acide citrique catalysé par le citrate synthétase ; l'acide citrique est ensuite transformé en acide isocitrique qui est oxydé par l'isocitricodéshydrogénase. Après, ces deux enzymes sont soumises à régulation allostérique, elles sont inhibées par l'ATP et le  $\text{NADH}_2$ . Puis, les déshydrogénases de l'acide pyruvique et de l'acide isocitrique sont activées par l'ADP. Mais il faut remarquer qu'un ralentissement du cycle de Krebs provoque une accumulation de l'acide citrique et de l'acétyl-CoA.

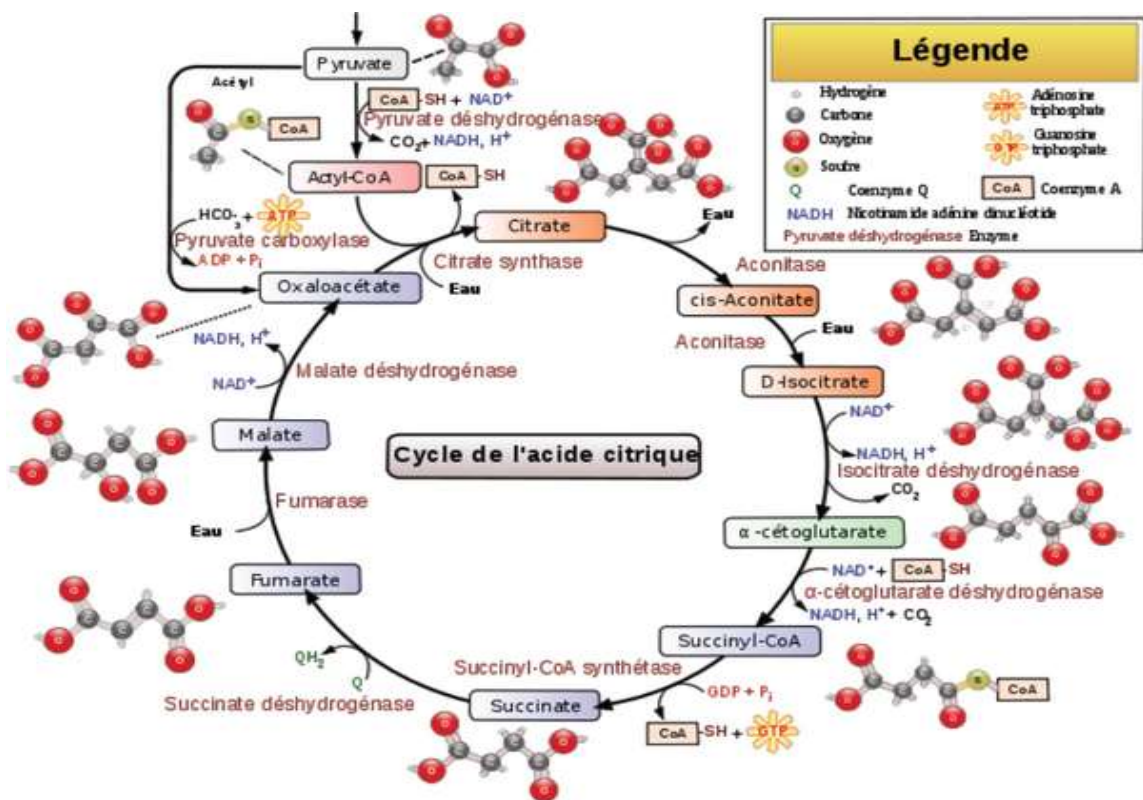


Schéma 1 : Cycle de Krebs

#### **4. Risques de danger ou toxicité**

L'acide citrique est irritant pour les yeux. En effet, il est identifié en laboratoire sous le nom de R36.

Il peut aussi provoquer une irritation légère ou sévère, rougeur, démangeaison, et douleur pour la peau, ainsi que de causer une dermatite allergique.

Par contre en cas d'ingestion de grandes quantités du produit entraîne une irritation, avec des nausées, des vomissements et de la diarrhée.

De plus, il peut provoquer l'irritation légère des voies respiratoires, en causant un mal de gorge, de la toux et du souffle court.

#### **5. Précautions**

Au cours d'une manipulation de l'acide citrique, des lunettes chimiques, le bouclier de plein-visage, ou un respirateur de plein-visage est indispensable à tout moment. Par contre, ce dernier n'est pas nécessaire si on maintient une bonne ventilation ; mais il est évident qu'il faudra toujours éviter de respirer les brouillards ou les vapeurs pendant une telle manipulation.

Par ailleurs, des gants imperméables résistant au produit chimique (comme le caoutchouc ou le PVC) sont obligatoirement à porter.

Mais aussi, des costumes, des tabliers, ou des combinaisons de corps en matériel résistant chimiquement devraient être utilisés à tout moment. Et il est nécessaire de lavez l'habillement porté après et de le sécher complètement avant sa réutilisation.

#### **6. Moyens de secours**

- **En cas de contact avec les yeux :**

Tout d'abord, il faut chercher une attention médicale immédiate. Mais en attendant il est nécessaire de vérifier la présence de lentilles de contact et les enlever.

Puis, rincer immédiatement à l'eau courante pendant au moins 10 minutes, en maintenant de force les paupières bien écartées.

- **Contact Cutanée :**

Retirer les vêtements contaminés ; laver à l'eau et au savon la peau ayant été en contact avec le produit et ne pas utiliser de solvant. Et cherchez une attention médicale si l'irritation se produit ou persiste.

- **En cas d'ingestion :**

Faire boire de l'eau en évitant de faire vomir la personne. Puis appeler un médecin. Et si le vomissement se produit spontanément, tenir la tête de la victime plus basse que les hanches afin d'empêcher l'aspiration du liquide dans les poumons.

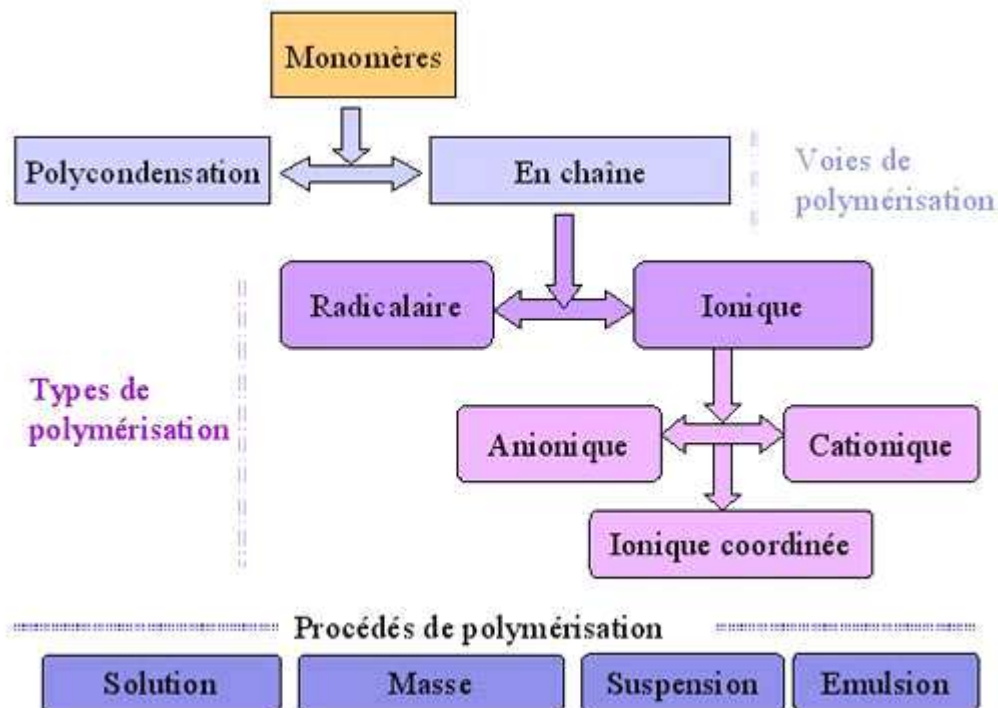
- **En cas d' inhalation:**

Il est toujours recommandé d'appeler un médecin. Mais en attendant, il faudrait amener immédiatement le sujet au grand air. Puis lui donnez la respiration artificielle seulement si la respiration s'est arrêtée. Et si la respiration est difficile, donnez l'oxygène.

## II. LA POLYMERISATION [4] [5] [6]

### 1. Généralités

La polymérisation est une réaction chimique dont les réactifs sont des petites molécules, réagissant entre elles pour donner des molécules de masse moléculaire relativement élevée. Les molécules initiales ou les réactifs peuvent être des monomères ou des pré-polymères, qui sont des polymères de faible degré de polymérisation et capables de subir une polymérisation ultérieure grâce à des groupes réactifs.



**Schéma 2** : Les deux grandes voies de polymérisation



## 2. Le monomère

C'est un composé constitué de molécules simples pouvant réagir avec d'autres monomères pour former un polymère.

## 3. Les différents types de polymérisation

### a. Polycondensation

La polycondensation est également désignée par le terme « polymérisation par étapes ». La formation de la macromolécule se fait par des réactions de condensation successives entre les fonctions chimiques des monomères di ou polyfonctionnels. Ces réactions s'accompagnent généralement de l'élimination de petites molécules telles que  $H_2O$ , fonction des monomères en présence. Dans cette voie de polymérisation, la chaîne grossit soit par addition de monomères, soit par additions d'oligomères. Cette polymérisation est longue et peut durer plusieurs heures.

### b. Polymérisation en chaîne

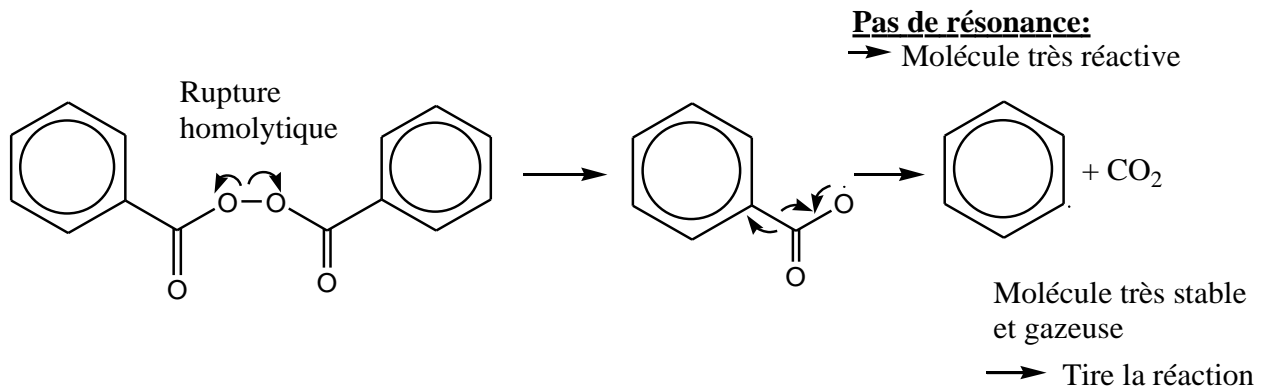
Les réactions en chaîne font intervenir un nombre réduit de centres actifs mais ces derniers sont très réactifs. Il s'établit entre 1000 et 10000 réactions primaires pendant la durée de vie d'un radical (qui vaut 0.1 seconde).

Les réactions en chaîne se déroulent suivant 3 grandes étapes :

- **L'amorçage qui conduit à la formation du premier centre actif**

Les amorceurs les plus courants sont les peroxydes ou les composés azoïques. Sous l'action de la chaleur, ces composés se dissocient en radicaux libres. Après, les radicaux libres attaquent le/les monomère(s).

Par contre, chez les amorceurs peroxydables, le plus répandus est le peroxyde de benzoyle. Il est notamment utilisé dans l'industrie du plastique et du caoutchouc et néanmoins connu pour leur caractère explosif.

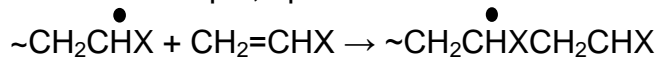


Les radicaux produits par la dissociation des amorceurs vont ensuite s'attaquer au premier monomère, c'est la naissance de la chaîne de propagation.

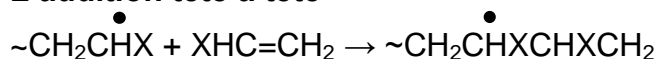
- **La propagation pendant laquelle les macromolécules croissent**

La propagation se fait par additions successives de molécules monomères sur la partie active de la chaîne croissante.

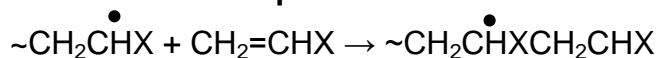
Comme exemple, après activité de l'amorceur benzénique (Benzène) on a :



**L'addition tête à tête**



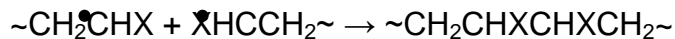
**L'addition tête à queue**



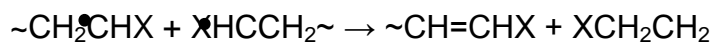
- **La terminaison qui correspond à l'arrêt de la croissance des chaînes**

Cette réaction consiste en la destruction du centre actif, localisé à l'extrémité de la chaîne en croissance ; et en principe, peut se faire de différentes façons comme un choc sur une paroi, réaction avec des impuretés, etc. Cependant, la réaction de terminaison d'une polymérisation conduite de façon normale se fait essentiellement :

**Par combinaison ou couplage**



**Par dismutation**



Cette dernière étape détermine la taille des chaînes. En polymérisation radicalaire, cette terminaison se fait par la réaction de deux radicaux macromoléculaires. En effet, cette réaction peut être soit une addition conduisant à une très longue chaîne macromoléculaire, soit une dismutation conduisant à deux chaînes macromoléculaires l'une contenant une fin de chaîne saturée et l'autre contenant une fin de chaîne insaturée.

Mais il faut remarquer que la polymérisation en chaîne constitue la polymérisation radicalaire et la polymérisation ionique. Cette dernière peut être anionique, cationique ou ionique coordonnée. La polymérisation ionique coordonnée se fait en présence de catalyseurs régiosélectifs de type Ziegler et Natta à base d'halogénures de métaux de transition. Elle permet le contrôle de la structure moléculaire des polymères et permet l'obtention de polymères de très hautes masses molaires.

**Tableau 2** : Types de polymérisation en chaîne

Type de Polymérisation	Centre actif	Amorceur	Voies d'amorçage
Radicalaire	Radical	Peroxyde (péroxyde de benzoyle) Dérivés azoïques (AIBN) Benzoïne Systèmes redox	Chimique Photochimique Thermique Radiochimique
Anionique	Anion	Dérivées d'organométalliques Bases	Chimique
Cationique	Cation	Acides (Lewis et Brønsted)	Chimique

#### i) Polymérisation anionique

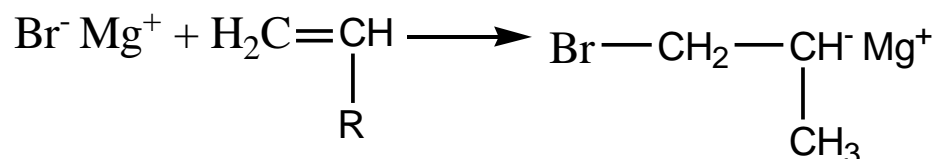
La partie active est un carbanion, dont l'un des atomes de carbone porte une charge négative, ou un oxanion, dont la charge négative est portée par un atome d'oxygène, associé à un contre-ion  $Me^+$ , chargé positivement et souvent métallique.

La polymérisation peut se faire par ouverture d'une double liaison ou d'un cycle.

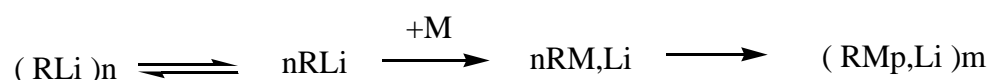
D'où le mécanisme réactionnel est comme suit :

- **Amorçage**

Prenons un exemple d'organométallique comme le Bromure de magnésium (MgBr)



- **Propagation**



Avec M : monomère

n : degré d'association de l'amorçeur

m : degré d'association de l'espèce polymère

p : degré de polymérisation

- **Terminaison**

Elle est peut-être due à un composé susceptible de réagir avec un carbanion, qui est un générateur de protons, présent sous forme d'impureté ou introduit volontairement. En l'absence d'un tel composé, la polymérisation anionique peut être vivante c'est - à - dire aucune réaction de terminaison ne se produit et les chaînes gardent leurs extrémités actives après la consommation totale du monomère.

Par contre, le mécanisme réactionnel de la polymérisation se présente sous deux formes :

### **La polymérisation par étape**

C'est une réaction de polycondensation avec libération d'un sous-produit de la réaction qui est souvent de l'eau.

### **La polymérisation en chaîne**

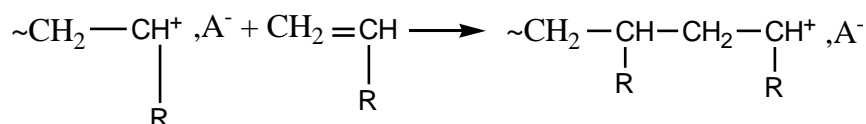
C'est la polymérisation résultante de la formation d'un centre actif qui fixe de façon successive de nombreuses molécules de monomère.

Une réaction de polyaddition sans libération de sous - produit est une réaction de polymérisation en chaîne. Mais dans ce cas, le mécanisme implique généralement l'ouverture d'une double liaison ou l'ouverture d'un cycle.

## ii) Polymérisation cationique

La partie active est un carbocation, où l'un des atomes de carbone porte une charge positive, associé à un contre - ion chargé négativement.

Le schéma s'écrit comme suit :



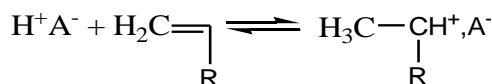
Il faut remarquer que R doit être donneur d'électrons ou stabiliser le cation par résonance et que par ailleurs les solvants utilisés ne doivent pas réagir avec l'extrémité active.

Ainsi voici son mécanisme réactionnel :

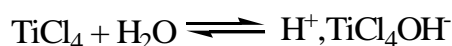
- **Amorçage**

Les amorceurs utilisés appartiennent aux familles suivantes :

-Acides protoniques A-H

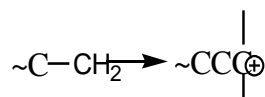


-Acides de Lewis



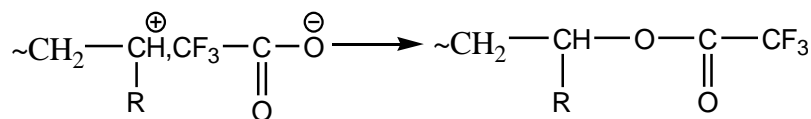
- **Propagation**

Cette étape correspond aux autres polymérisations en chaîne. Mais dans certains cas, il peut y avoir un réarrangement du carbocation terminal, du fait de la grande stabilisation du carbocation comme suit :



- **Terminaison**

Les terminaisons peuvent être de nature très diverses comme suit :



#### 4. Le degré de polymérisation

Le degré de polymérisation est le nombre total de monomères contenus dans une macromolécule. Un polymère peut être caractérisé par son degré de polymérisation ou sa masse moléculaire. En effet, lorsque ce degré de polymérisation (DP) est inférieur à 30, on parle d'oligomère tandis que lorsqu'il est supérieur à 30, c'est un polymère.

Il existe quatre (04) techniques de synthèse de polymères :

##### - La polymérisation en masse

C'est une réaction de polymérisation sans solvant de polymères. En général, on manipule la réaction dans un réacteur batch.

D'abord, on introduit le ou les monomère(s) dans le réacteur batch puis on se place dans les conditions de polymérisations dont la température et la pression.

Par ailleurs, il est à remarquer que :

- ✓ La température du milieu réactionnel est difficile à maintenir constante.
- ✓ Le produit obtenu est un polymère hétérogène, de degré de polymérisation dispersé c'est-à-dire un polymère de mauvaise qualité.

Donc on peut dire que la polymérisation en masse n'est pas très efficace pour obtenir un polymère.

##### - La polymérisation en solution avec un solvant

Dans ce type de polymérisation, le monomère est dissout par un solvant dans un réacteur de batch sans oublier de se placer dans une condition de la réaction. On obtient ainsi, soit un polymère soluble dans le solvant, soit un polymère insoluble dans le solvant. Et lorsqu'on obtient le premier cas, on a un polymère homogène.

Cette technique est très reconnue pour les réactions de polymérisation.

##### - La polymérisation en émulsion

Pour ce type, le monomère est divisé sous forme d'émulsion après une agitation et une émulsifiant.

En fait, la réaction se passe dans les gouttelettes et l'eau présente sert à dissiper la chaleur. Par ailleurs, au niveau économique, cette technique est moins coûteuse car en effet elle n'utilise pas de solvant coûteux et difficile à récupérer. Par contre, le polymère obtenu est moins homogène puisqu'il contient des émulsions.

## 5. Structures des polymères

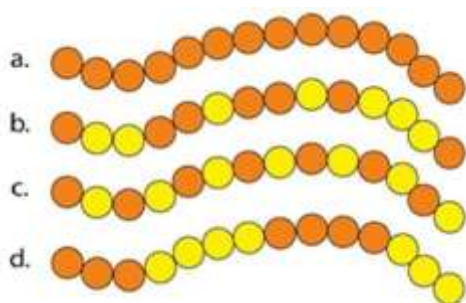
Il existe cinq (05) formes de polymères dont : les polymères linéaires, ramifiés, réticulés, mais le plus souvent amorphes et parfois au moins partiellement cristallisés.

### a. Les polymères linéaires

Ils sont formés de grandes chaînes de monomères, reliés entre eux par de liaisons covalentes. Et ces macromolécules sont liées par des liaisons secondaires qui assurent la stabilité du polymère. Ces liaisons sont des ponts hydrogène ou des liaisons de Van Der Waals.

Par ailleurs, le matériau devient rigide et a un comportement de solide à cause de la présence de ces liaisons secondaires.

Par contre, augmenter la température entraîne l'agitation moléculaire pour rompre progressivement ces liaisons secondaires. Ainsi, le matériau va pouvoir s'écouler sous son propre poids : il présente alors le comportement d'un liquide visqueux.

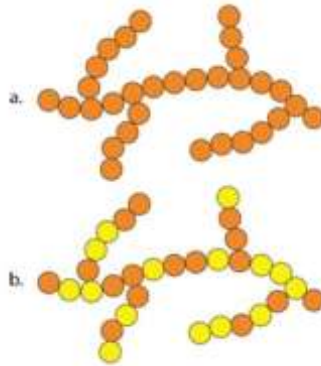


- a. : homopolymère,
- b. : copolymère statistique,
- c. : copolymère alterné,
- d. : copolymère séquencé

**Figure 3** : Les polymères linéaires

### b. Les polymères ramifiés

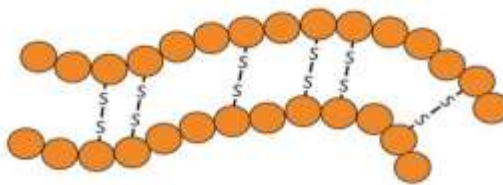
Les polymères ramifiés sont formés au cours de la polymérisation où des chaînes homopolymériques ou copolymériques peuvent se greffer sur d'autres chaînes. Au-dessus de la température de transition, les polymères présenteront des comportements visqueux plus marqué que celui des polymères linéaires.



**Figure 4** : Homopolymère ramifié (a) et copolymère ramifié (b)

### c. Les polymères réticulés

La réticulation correspond à la formation de liaisons chimiques suivant les différentes directions de l'espace au cours d'une polymérisation, ou d'une polycondensation et qui mène à la formation d'un réseau.



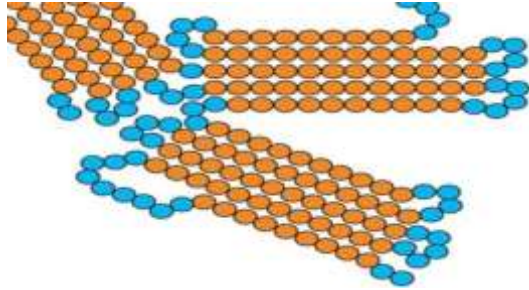
**Figure 5** : Polymère réticulé avec ponts disulfure reliant deux chaînes.

### d. Les polymères amorphes et les polymères cristallisés

Les chaînes macromoléculaires peuvent être ordonnées de façon aléatoire dans l'espace et constituer ainsi une phase amorphe. Cette dernière est, en théorie équivalente à un liquide figé, sans ordre moléculaire à grande distance.



Mais il existe néanmoins des orientations macromoléculaires préférentielles. Par ailleurs, dans un polymère, les deux états ordonnés et désordonnés peuvent exister dans un même matériau qui est alors de nature semi-cristalline.



**Figure 6 :** Un polymère semi-cristallisé

## **6. Propriétés des polymères**

Les polymères présentent des caractéristiques mécaniques propres, ils présentent des comportements vitreux lorsqu'ils sont amorphes et des caractéristiques de fibres lorsqu'ils sont cristallisés mais aussi un comportement viscoélastique. Principalement, ces différents états dépendent de la nature chimique du polymère et de la température.

Par contre, la nature chimique des macromolécules est attachée à leur origine qui est soit naturelle, soit synthétique. Et leur structure, leur masse moléculaire, ainsi que leur caractère linéaire ramifié ou non, réticulé ou non déterminent fortement leurs propriétés physico-chimiques.

Par ailleurs, le paradoxe des macromolécules est que des chaînes très différentes par leur composition chimique peuvent avoir des propriétés physiques analogues. À l'inverse, des polymères à chaînes chimiquement identiques peuvent avoir des propriétés physiques totalement différentes. Et un même composé peut être hautement élastique ou complètement amorphe en fonction de la température et de l'arrangement macromoléculaire.

## CHAPITRE 2 : BETACAROTENE

### I. Historique [7] [8]

Le  $\beta$ -carotène se trouve dans certains fruits et végétaux : carotte, poivron, épinard, laitue, tomate, patate douce, brocoli, cantaloup, courge, abricot.

En 1831, Wackenroder a isolé le  $\beta$ -carotène, puis Karrer, Eugster, Inhoffen et Milas l'ont synthétisé qu'en 1950. Par contre, les scientifiques avaient déjà observé la présence de vitamine A dans ce  $\beta$ -carotène ; en fait ce dernier est un précurseur de la vitamine A.

Par ailleurs, la spiruline ou *Arthrospira platensis* détient le record ayant le plus de  $\beta$ -carotène, puisque son contenu en  $\beta$ -carotène est dix à quinze fois supérieur à celui de la carotte. En première approximation, plus le fruit (ou la feuille) est coloré, plus il y a de  $\beta$ -carotène.

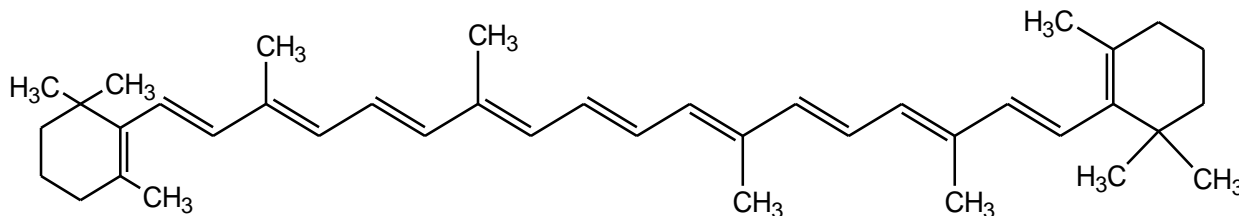
### II. Propriétés

#### 1. Propriétés chimiques

La molécule de  $\beta$ -carotène est de formule brute  $C_{40}H_{56}$ . Elle peut absorber une lumière bleu-indigo ce qui résulte la couleur orange comme dans la carotte.

Par ailleurs, le  $\beta$ -carotène se présente sous forme de poudre cristalline rouge, et est insoluble dans l'eau ainsi que dans l'éthanol mais par contre très soluble dans le chloroforme.

Ainsi, sa formule semi développée présentée ci-dessous :



**Figure 7** : Formule semi développée du  $\beta$ -carotène

## 2. Propriétés physiques

La molécule de :

- Masse molaire :  $536,8726 \pm 0,0359 \text{ g.mol}^{-1}$  dont ses compositions sont : C=89,49% ; H=10,51%.
- Température de fusion :  $183^{\circ}\text{C}$
- Masse volumique :  $1,00 \text{ g.cm}^{-3}$  ( $20^{\circ}\text{C}$ )
- Volume :  $1698,90 \text{ \AA}^3$
- Densité théorique : 1,050
- Soluble dans l'eau environ  $0,6 \text{ mg.l}^{-1}$  et dans l'éthanol  $2 \text{ mg.l}^{-1}$

## III. Procédés d'obtention

Le  $\beta$ -carotène peut être obtenu soit par extraction à partir des souches naturelles, soit par synthèse chimique, soit par voie biotechnologique.

Le  $\beta$ -carotène naturel provient principalement de l'huile de palme rouge, de la luzerne et également de l'huile de carotte. Son procédé d'extraction est délicat car le  $\beta$ -carotène est sensible à la chaleur et à l'oxydation. De plus, l'extraction donne un produit qui contient des impuretés, à savoir des isomères  $\alpha$ ,  $\gamma$  et  $\delta$  du carotène.

La synthèse est complexe et s'effectue en six étapes à partir de l'acétone via la  $\beta$ -ionone, elle-même résultat d'une synthèse en dix étapes de l'acétone.

## IV. Pont hydrogène [9] [10]

### 1. Définition

La liaison hydrogène ou pont hydrogène est une force d'interaction attractive entre un atome d'hydrogène d'une molécule ou d'un fragment de molécule X-H dans lequel X est un plus atome électronégatif que H, et un atome ou un groupe d'atome dans la même ou dans différente molécule dans laquelle il y a une évidence de formation de pont.

A l'origine, on pensait que l'électron de l'atome d'hydrogène était partagé entre les molécules liées, et donc que cette liaison hydrogène était quasi-covalente. On sait aujourd'hui qu'elle est à 90 % électrostatique. Pour que cette liaison s'établisse, il faut être en présence d'un donneur de liaison hydrogène, possédant une case quantique, et d'un accepteur étant composé d'un hétéroatome.

Par ailleurs, lorsqu'une liaison hydrogène s'établit, les deux hétéroatomes se trouvent à une distance d'environ 0,25 nm.

## 2. Caractéristiques

Trois grandes caractéristiques déterminent les liaisons hydrogène ainsi que leur interactivité :

- Les liaisons hydrogène ont des liens intermoléculaires dont les atomes constitutifs suivent un certain ordre de direction. Dans un réseau de ponts H, leur architecture est donc très optimisée. Cette propriété des ponts H permet à l'eau de cristalliser de façon définie pour se changer en glace.
- Les liaisons hydrogène, dues à leur intensité plus faible, peuvent se changer à une température ambiante, contrairement aux liaisons covalentes. En effet, à environ 27 °C, les ponts H peuvent se modifier en se changeant par bris ou formation de nouvelles interactions. C'est de cette flexibilité que les molécules biologiques ont besoin afin d'être en constante évolution.
- Les structures secondaires des protéines, comme l'hélice alpha et le feuillet beta, sont générées grâce à un agencement spécifique de ponts H. Ces structures secondaires sont raccordées les unes aux autres par des boucles de forme non définie pour établir une structure tertiaire.

## 3. Causes et conséquences du pont hydrogène

La liaison est due à la polarité de certaines molécules contenant un atome d'hydrogène et au moins un autre atome plus électronégatif.

Ce phénomène fait que les pôles positifs sont attirés par des entités de charge négative (anion, pôle positif).

Par contre, le pôle négatif sera attiré par des entités de charge positive (cation, pôle positif d'une autre molécule polarisée).

Ce qui résulte donc l'existence des liaisons hydrogène à cause des différences d'électronégativité entre les différents atomes qui constituent les molécules.

Par conséquent, la liaison hydrogène s'établit alors entre toutes les molécules présentant les caractéristiques précédemment vues.

#### **4. Les liaisons hydrogène par type**

On distingue trois (03) types de liaisons hydrogène :

##### **a. Liaisons hydrogène faibles : ( $\Delta H = [1-4] \text{ kJ.mol}^{-1}$ )**

Les liaisons hydrogène de cette intensité sont semblable aux forces de van der Waals. En effet, elles sont de catégorie électrostatique.

##### **b. Liaisons modérées : ( $\Delta H = [4-15] \text{ kJ.mol}^{-1}$ )**

Ce type de liaisons se manifeste entre les deux extrêmes

##### **c. Liaisons fortes : ( $\Delta H = [15-40] \text{ kJ.mol}^{-1}$ )**

Ceux-ci étant semblables aux liens covalents, les ponts hydrogène forts constituent des interactions plus rapprochées.

## V. Propriétés et utilisations

Le  $\beta$ -carotène peut être stocké dans le foie, et à la différence de la vitamine A, un excès de carotène n'est pas toxique et peut également être converti en vitamine A si nécessaire. Les gens qui en ont trop consommé peuvent jaunir légèrement. D'ailleurs, la prise de carotène est un diagnostic différentiel de l'ictère (la jaunisse).

Le  $\beta$ -carotène est utilisé comme colorant alimentaire (E160a) pour la préparation de la margarine, pour les produits de boulangerie, les boissons gazeuses et les sucreries. Il peut être utilisé comme provitamine A en tant que complément vitaminé. C'est un antioxydant qui a un effet bénéfique dans la lutte contre les radicaux libres. Néanmoins son utilité comme complément alimentaire est débattue.

En alimentation animale, il est utilisé pour les aliments du poisson et du bétail. Dans l'alimentation des poules et des poulets, le  $\beta$ -carotène améliore la couleur des jaunes d'œufs et l'apparence de la chair.

## CHAPITRE 3: LES ADDITIFS

### I. L'huile de coco [11]

#### 1. Historique

Cocos nucifera c'est le nom scientifique de ce que l'on appelle couramment le cocotier. Il fait partie de la famille des palmiers et d'origine Malaisienne. Par ailleurs, le cocotier supporte des températures bien plus fraîches puisqu'on le trouve à des altitudes supérieures à 1000 mètres.

Quant à l'huile de noix de coco elle était très populaire au XVIIIème siècle notamment aux Etats Unis et ce jusqu'à la seconde guerre mondiale. A cette époque le Japon envahit les Philippines qui était alors l'un des plus grands pays producteurs de noix de coco, coupant ainsi le ravitaillement de cette huile aux USA. Les industriels américains se tournèrent alors vers d'autres types d'huile, maïs, colza, tournesol et autres.

Par ailleurs, la puissance de ce secteur économique ainsi que des études médicales erronées sur l'effet des graisses alimentaires saturées eurent raison de l'huile de noix de coco, qui fut alors uniquement utilisée dans certains pays producteurs. Mais un retour vers des médecines un peu plus alternatives, et aussi d'autres études médicales plus sérieuses ont redonné à l'huile de coco ses lettres de noblesse.

#### 2. Les vertus et bonnes raisons d'utiliser l'huile de coco pour les cheveux

L'huile de coco, avec ses qualités antibactériennes, antifongiques et antivirale est bien évidemment excellente pour la peau et donc pour le cuir chevelu. Mais il lui est reconnu également de nombreuses propriétés et qualités qui font d'elle un excellent allié pour la beauté et l'entretien des cheveux.

Pour le cuir chevelu, l'huile de coco sera très efficace dans le traitement de toutes les affections fongiques comme une dermatite séborrhéique, ou encore les pellicules tout simplement. En effet, la structure moléculaire lui permet de pénétrer très facilement dans la tige du cheveu et de lui apporter tous les nutriments et protéines nécessaires.

Par ailleurs, les cheveux sont très sensibles aux changements dans le corps. Des facteurs tels que le stress, la malnutrition, un déséquilibre hormonal, la pollution et les produits chimiques contribuent à la perte de cheveux et la rupture de cheveux.

Perdre 75 à 100 cheveux par jour est normal. A tout moment, 90% des follicules pileux sont en phase de croissance et 10% sont en phase de repos. Prendre soin de vos cheveux donnera des résultats étonnants assez rapidement.

Ainsi, l'huile de coco est un conditionneur, qui peut être utilisé sur les cheveux pour remplacer les huiles naturelles.

## **II. L'ylang – ylang et les fleurs d'oranger [12] [13]**

### **1. Définition de l'huile essentielle**

Les huiles essentielles sont des mélanges de composés lipophiles, volatils et souvent liquides qui sont déposés dans des tissus végétaux spécialisés et extraits des plantes grâce à des procédés physiques comme l'hydrodistillation, l'entraînement à la vapeur ou l'expression à froid pour les huiles essentielles d'agrumes. Les produits soutirés par extraction avec d'autres procédés que ceux vu précédemment ne sont pas repris dans la définition d'huile essentielle donnée par les normes de l'Association Française de Normalisation (AFNOR). D'où leurs noms : concrète, pommade florale, résinoïde ou absolue, en fonction du procédé utilisé.

Les huiles essentielles sont responsables de l'odeur caractéristique des plantes. Les constituants principaux d'une huile essentielle sont les terpènes c'est-à-dire les monoterpènes  $C_{10}H_{16}$  et les sesquiterpènes  $C_{15}H_{24}$ . Ce sont des hydrocarbures qui comprennent une ou plusieurs doubles liaisons. De plus, on peut également retrouver dans l'huile des alcools, des aldéhydes, des cétones, des époxydes ainsi que des esters et autres dérivés phénylpropaniques.

Par contre, dans les plantes, les huiles essentielles ont pour fonction d'attirer les insectes pollinisateurs ou chasser les insectes hostiles. Un certain nombre d'entre elles ont également des propriétés antiseptiques, insecticides, fongicides et bactéricides.



## 2. Historique sur l'Ylang – Ylang

*Cananga odorata* connu sous le nom de « Ylang-Ylang » : une plante à huile essentielle méconnue dans une filière en danger.

*Cananga odorata* est un arbre tropical de la famille des Annonaceae, originaire d'Indonésie. Seule la forme genuina peut porter le nom d'ylang-ylang proprement dit. Actuellement, il est principalement cultivé dans les îles de l'Océan indien afin d'en extraire l'huile essentielle d'ylang-ylang, destinée à l'industrie cosmétique.

L'ylang-ylang se développe sur de nombreux types de sols, sous des températures élevées et des précipitations moyennes de 1 500 mm par an. En conditions culturales, l'écimage, la taille, l'égourmandage et le désherbage des parcelles doivent être réalisés afin d'assurer un bon rendement en fleurs et faciliter la cueillette. La cueillette des fleurs a lieu toute l'année mais les rendements, en fleurs et en huile essentielle, sont plus élevés durant la saison sèche. Ces fleurs, fraîches et mures, subissent alors une distillation fractionnée afin d'obtenir l'huile essentielle. Les revenus qu'elle génère sont indispensables à l'économie de l'Union des Comores, Madagascar et Mayotte, ses trois principaux producteurs. Toutefois, malgré sa grande importance économique, il s'agit d'une plante peu connue. Ce manque d'informations représente des obstacles à la résolution des problèmes de la filière, ces obstacles la mettent en danger. De plus, cette plante ne fait l'objet d'aucun programme d'amélioration, alors qu'elle génère un produit de très haute valeur ajoutée, sans doute du fait que sa biologie de la reproduction est peu connue. Une étude approfondie de la plante et de son huile essentielle permettrait d'obtenir les informations qui font défaut afin d'aider la filière à solutionner ses problèmes, à se maintenir voire à se développer.

## 3. Historique sur les fleurs d'oranger

La fleur d'oranger ou fleur d'oranger amer est la fleur blanche parfumée du bigaradier appelée *Citrus aurantium* d'une origine. Pour l'extraction de son huile, comme la fleur d'oranger est trop fragile pour supporter une distillation, les Arabes, perfectionnèrent un principe grec pour mettre au point un Alambic, permettant de séparer la matière de ses constituants volatils, par la vapeur d'eau.

Par ailleurs, pour propriétés, les feuilles et les précieuses fleurs sont reconnues comme sédatives, de même que les différentes huiles essentielles qu'on en extrait. L'huile essentielle des fleurs est reconnue pour être à la fois tonique, sédative et antidépressive.

De plus, ses utilisations sont variées, les feuilles et les précieuses fleurs ont une faculté à calmer l'anxiété ou les petits maux de ventre des nourrissons ainsi que de favoriser l'endormissement grâce à ses propriétés relaxantes.

Par contre, l'essence de fleur d'oranger comporte 35 % d'hydrocarbures et 30 % de linalol. Son poids spécifique est de 0,880 ainsi que son odeur est caractéristique. Elle est soluble dans l'éthanol à 80°.

#### **4. Extraction de l'huile**

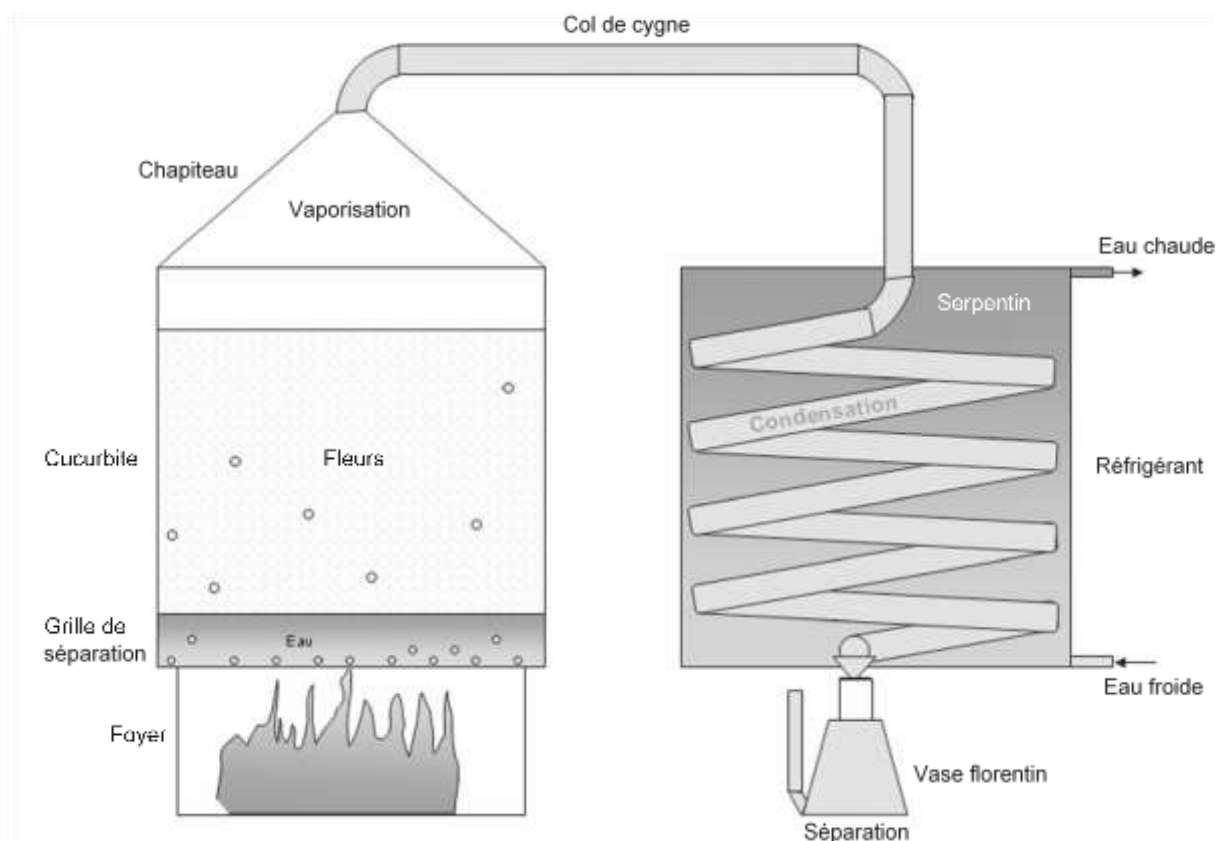
On peut obtenir de l'huile essentielle d'ylang-ylang par distillation des fleurs matures de l'arbre. L'alambic est le matériel nécessaire à cette méthode. Il est constitué d'une chaudière en cuivre, d'une cucurbite dans laquelle on place les fleurs et l'eau nécessaire à la distillation. Puis, la cucurbite se prolonge en un chapiteau se terminant par un col de cygne. Ainsi les vapeurs s'en échappent et continuent leur trajet dans un serpentin qui plonge dans l'eau du réfrigérant. L'extrémité du serpentin débouche à l'extérieur, dans le bas du réfrigérant. C'est là que l'on recueille les liquides de condensation.

On peut cependant distinguer deux types de distillation : l'hydro distillation et l'entraînement à la vapeur.

Dans le premier cas, les fleurs sont directement placées dans l'eau bouillante de la cucurbite.

Dans le second cas, elles sont placées sur une grille perforée dans le fond de la cucurbite. Les composés volatils sont alors emportés par les aérosols de la vapeur d'eau qui se dégage suite à l'ébullition de l'eau présente dans le fond de la cucurbite.

L'entraînement à la vapeur est la méthode qui permet d'obtenir l'huile de meilleure qualité. Le fait que les fleurs ne sont pas en contact direct avec la cucurbite permet d'éviter que ces dernières ne collent et ne brûlent dans le fond de l'alambic.



**Figure 8** : Schéma d'un alambic au cours d'une distillation par entraînement à la vapeur

### III. Le miel et l'aloès verra [14] [15]

#### 1. Le miel

C'est une substance sucrée produite par les abeilles à miel à partir de nectar ou de miellat. Elles l'entreposent dans la ruche et s'en nourrissent tout au long de l'année, en particulier lors des périodes climatiques défavorables.

Il est aussi consommé par d'autres espèces, dont l'espèce humaine qui organise sa production par l'élevage des abeilles à miel.

##### a. Les bienfaits du miel

Depuis l'Antiquité, le miel est connu pour son efficacité comme étant un antibactérien. Ce n'est que récemment que ses propriétés ont été démontrées grâce à de nombreuses études. Parmi celles-ci une fut menée par l'Université de Bonn en Allemagne. Ce sont en tout 22 études qui ont été réalisées concernant les vertus curatives du miel.

De plus le miel est hydrophile, ce qui est un avantage vis-à-vis des traitements qui pourraient utiliser ce produit.

Par ailleurs, son efficacité sur certains types de brûlures est attestée. En effet, il accélère la cicatrisation des tissus. Il est également utilisé sur d'autres types de plaies, avec une certaine efficacité, plus spécialement avec le miel de thym. Face à l'intérêt thérapeutique du miel, certains laboratoires l'incorporent dans leurs produits.

### **b. Caractéristiques physique et chimique**

Le miel est essentiellement composé de carbone, d'hydrogène et d'oxygène qui sont des composants de base des composés organiques.

Et bien que certains considèrent le miel comme acide, avec un pH estimé entre 4,31 et 6,02 ; d'autres lui attribuent plutôt des propriétés alcalinisantes.

Par ailleurs, le miel a une densité d'environ 1,4 variant, comme pour sa viscosité, selon son hydratation dont 18 % en moyenne et 20 % maximum sauf pour certaines exceptions.

Par contre, pour mesurer la viscosité du miel on peut utiliser un viscosimètre à chute de bille. Cette viscosité diminue à mesure que la température augmente.

## **2. L'aloès vera**

### **a. Historique**

L'Aloe vera ou aloès des Barbados est une espèce d'aloès d'origine Egyptienne ou du Moyen Orient. C'est une plante aux feuilles persistantes, aux racines peu profondes, poussant en touffes et même en colonies. Actuellement, le gel d'aloès rentre principalement dans la composition de cosmétiques ou de boissons.

Deux parties de l'Aloès sont utilisées : le latex jaune tiré de la couche externe des feuilles et le gel clair et mucilagineux tiré de la partie interne.

La feuille d'Aloès Vera contient plus de 75 éléments nutritifs et 200 autres composants, ainsi que 20 minéraux, 18 acides aminés et 12 vitamines. Parmi les acides aminés, 7 des 8 acides aminés essentiels qui ne peuvent être fabriqués par l'organisme humain et qui lui sont indispensables sont présents.

## **b. Utilisations**

- **Constipation**

L'aloès vera s'utilise de plusieurs manières comme étant un puissant laxatif stimulant grâce à la présence des anthranoïdes, ou anthraquinones.

- **Brûlures**

Quatre (04) études cliniques, 371 sujets en tout, achèvent que l'application externe d'aloès peut être utile pour accélérer la guérison de brûlures au 1<sup>er</sup> et 2<sup>e</sup> degré.

- **Lichen plan**

C'est une maladie auto-immune qui se manifeste par des lésions sur la peau et les muqueuses. Et trois (03) essais, dont 152 sujets en tout, ont montré qu'un gel à base d'aloès a été plus efficace qu'un placebo pour réduire les symptômes.

- **Herpès génital**

Deux essais cliniques à double insu ont été menés pour prouver qu'une crème contenant 0,5 d'extrait d'aloès est nettement plus efficace que certains produits.

- **Psoriasis**

C'est une maladie inflammatoire de la peau qui se caractérise par la survenue d'épaisses plaques de peau qui décortiquent et qui se détachent sous formes « d'écailles » blanches.

- **Autres lésions, infections et inflammations de la peau**

Bien que le gel d'aloès ait une bienfaisante réputation quant à ses qualités dermatologiques, on dispose de très peu de résultats cliniques probants et homogènes.

Au cours d'études préliminaires, n'ayant pas toujours de bonne vertu méthodologique, l'aloès s'est révélé utile pour traiter :

- la parakératose séborrhéique : une inflammation du cuir chevelu ;
- les aphtes;
- des lésions cutanées provoquées par exposition professionnelle ou de façon expérimentale;
- la gale;
- la douleur et la cicatrisation après une hémorroïdectomie
- la sécheresse de la peau.

L'application d'une crème ayant de l'aloès entre 0,10% à 0,50% paraît améliorer, du moins partiellement, l'hydratation de la peau.

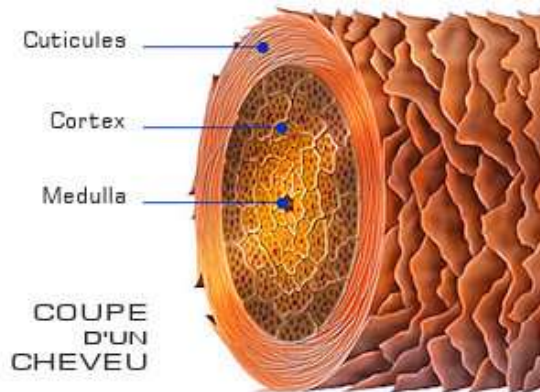
## CHAPITRE 4 : LES CHEVEUX ET SES CARACTERISTIQUES

### I. Introduction

L'analyse des cheveux est un élément important du conseil. Pour cela il faut savoir ses structures ainsi que ses composants afin d'établir un bon produit qui améliorerait la qualité des cheveux.

### II. Structures et composants d'un cheveu [16]

Un cheveu est composé principalement de kératine. Etant une protéine insoluble, fibreuse, rigide, à la fois très résistante et très souple, la kératine a pour mission de protéger les cheveux des agressions extérieures. Cette protéine riche en soufre, est constituée de 8 acides aminés (dont l'un est appelé cystine), formant des ponts disulfures entre les molécules ; d'où l'intérêt d'apporter régulièrement aux cheveux des protéines riches en soufre afin d'en préserver leur qualité optimale.



**Photo 2:** Coupe d'un cheveu

Par ailleurs, la structure d'un cheveu est constituée de trois (03) couches qui sont :

#### → La cuticule :

Qui est l'enveloppe externe de la fibre. Les cellules qui la composent sont appelés les écailles. Incolores, d'une longueur de 50 à 70  $\mu\text{m}$  pour une largeur de 5 à 10  $\mu\text{m}$  elles ne dépassent pas le  $\mu\text{m}$  d'épaisseur.

Cependant raccordées par un ciment intercellulaire riche en lipides, elles se cumulent les unes aux autres à la manière des ardoises d'une toiture et c'est en définitive 3 à 10 épaisseurs de cellules qui constituent la cuticule. Avec ces écailles dont le bord libre est orienté vers l'extrémité des cheveux, elle peut ainsi assurer la fonction de protection de cortex. C'est elle en effet qui subit toutes les agressions dont le cheveu est victime et c'est de son état que vont dépendre les propriétés cosmétiques de la fibre.

→ **Le cortex :**

Qui est le véritable corps de la fibre. Représentant 90% de son poids total il est formé de cellules remplies de kératine dont l'organisation confère à la fibre des propriétés remarquables. Au cours de leur trajet depuis la matrice, ces cellules corticales se sont allongées et atteignent une centaine de  $\mu\text{m}$  sur un diamètre de 3 à 6  $\mu\text{m}$ . Disposées dans le sens de la longueur du cheveu, elles sont incluses dans un ciment intercellulaire composé d'une kératine souple et riche en lipides. C'est également dans le cortex que l'on trouve les grains de mélanine qui donnent au cheveu sa couleur. Ses seules protections naturelles sont une fine couche de sébum et la cuticule.

→ **La moelle ou canal médullaire :**

Située au centre de la fibre, de diamètre entre 10  $\mu\text{m}$  à 20  $\mu\text{m}$ . Il semble que les cellules qui la composent dégénèrent rapidement pour laisser place à des bulles d'air. Souvent discontinue dans la longueur du cheveu, elle peut même en être absente. Son rôle précis chez l'homme reste encore inconnu.

### **III. Les chiffres du cheveu [16]**

Il est nécessaire de savoir les chiffres du cheveu afin de mieux connaître sa capacité d'absorption par rapport à un produit appliqué sur la chevelure.

Par ailleurs, un cheveu est un véritable individu, et un individu ne peut être récapitulé en quelques chiffres. Cela dit, une fiche signalétique est nécessaire.

Cependant, chaque chevelure étant unique, cette carte d'identité chiffrée ne présente bien sûr que des moyennes.



- **50 à 100 micromètres**, c'est le diamètre d'un cheveu. Il faut remarquer qu'un micromètre est un millionième de mètre, soit un millième de millimètre : il faut donc empiler environ 10 à 20 cheveux pour obtenir une épaisseur de 1 mm.

On remarque que la grandeur des cheveux est de l'ordre de  $\mu\text{m}$  alors que la grandeur des molécules est de l'ordre de nanomètre.

Ces molécules de polymères noirs et de bêta-carotènes avec l'eau peuvent alors franchir facilement la cuticule et se retenir sur la cuticule riche en lipides puis sont eux même retenues dans le cortex et la moelle. Ainsi, les polymères noirs et les bêta-carotènes favorisent la qualité et la viabilité des cheveux au niveau du cortex et de la moelle.

Ainsi, les molécules de polymères noirs et de bêta-carotène avec l'eau peuvent franchir facilement la cuticule et se retenir sur la cuticule riche en lipides puis sont eux même retenues dans le cortex et la moelle. Il en résulte que les polymères noirs et les bêta-carotènes favorisent la qualité et la viabilité des cheveux au niveau du cortex et de la moelle.

- **5 à 200 g**, c'est le poids d'une chevelure selon la longueur des cheveux qui la composent. Cependant, 30% de son propre poids, c'est le pourcentage de poids en eau ou en solution aqueuse qu'un cheveu en bon état peut absorber. S'il est fragilisé, ce pourcentage peut atteindre 45%.
- **120 000 à 150 000**, c'est le nombre de cheveux qui composent une chevelure.
- **250**, c'est le nombre de cheveux par  $\text{cm}^2$  de cuir chevelu. Ce chiffre varie entre 200 et 300 selon la région du cuir chevelu considérée.
- **6  $\text{m}^2$** , c'est la surface totale que couvre une chevelure de 20 cm. La surface du cuir chevelu étant de 600  $\text{cm}^2$ , une chevelure de 20 cm occupe donc 100 fois plus de place que le lieu dont elle est issue.
- **1 cm par mois**, c'est la vitesse à laquelle le cheveu pousse. Cela correspond à une pousse journalière supérieure à 0,3 mm par jour et à une pousse annuelle de 12 cm par cheveu. Pour l'ensemble de la chevelure, on arrive à une production de cheveu supérieure à 36 mètres par jour, soit environ 1,1 km par mois, soit plus de 13 km par an! En poids, pour l'ensemble d'une chevelure, cela représente 0,2 g par jour, soit 6 g par mois ou encore 72 g par an.

La durée moyenne de la croissance d'un cheveu étant de 3 ans, il est rare de rencontrer des cheveux dépassant 1 mètre, ce qui correspond à une durée de pousse de plus de 8 ans.

- **50 à 100**, c'est le nombre de cheveux que l'on perd naturellement chaque jour.
- **100 g**, c'est la masse que peut supporter un seul cheveu. Une mèche de 100 cheveux résistera donc à un poids de 10 kilogrammes. Et si le cuir chevelu était assez résistant, une chevelure entière pourrait supporter 12 tonnes!
- **50% de sa longueur initiale**, c'est le pourcentage d'allongement qu'un cheveu peut supporter avant de rompre.
- **3 fois par semaine**, c'est la fréquence moyenne de lavage des cheveux en Europe. Le shampoing y est quotidien pour 1/4 de la population.

#### IV. Effet de la porosité sur les cheveux [16]

La porosité est la mesure de la capacité des cheveux à absorber l'eau ou des substances aqueuses, c'est l'aptitude de vos cheveux à être une matière perméable, capable de capter l'hydratation, et le niveau d'ouverture des écailles.

En effet, elles doivent être bien fermées, bien lissées les unes sur les autres, tout en étant légèrement ouvertes pour que vos cheveux puissent absorber l'hydratation. Cependant, si les cheveux sont à faible porosité les écailles du cheveu sont très fermées, parfaitement lissées et alignées et le cheveu absorbe mal l'hydratation. C'est-à-dire si vos cheveux mettent très longtemps à s'imbibber d'eau sous la douche, et sèchent rapidement ensuite, cela peut être un signe de faible porosité.

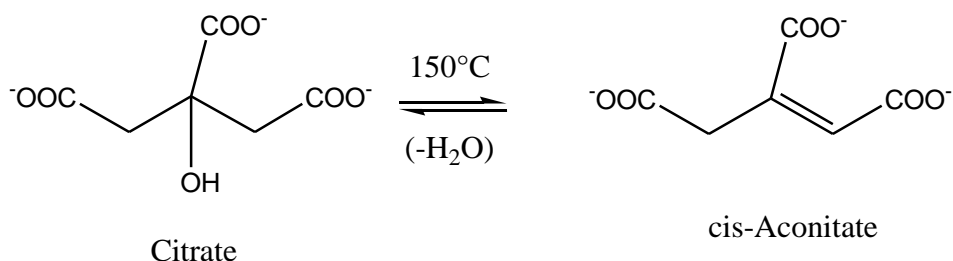
Par contre, si les cheveux sont très fortement poreux, ils attirent les poussières et tous les éléments pouvant les abîmer. C'est-à-dire, ils sèchent généralement très lentement.

**Partie B :**  
**ETUDES EXPERIMENTALES**

## CHAPITRE 1 : POLYMERISATION DE L'ACIDE CITRIQUE-SYNTHESE DU PN

### I. Procédure de synthèse du PN par le catalyseur fer

La première étape de la polymérisation de l'acide citrique est la formation du monomère alcénique par déshydrations à chaud et catalysé par un acide soit de Lewis soit de Brönsted. Cette réaction ôte l'hydroxyde de la fonction alcool et provoque une double liaison oléfinique.

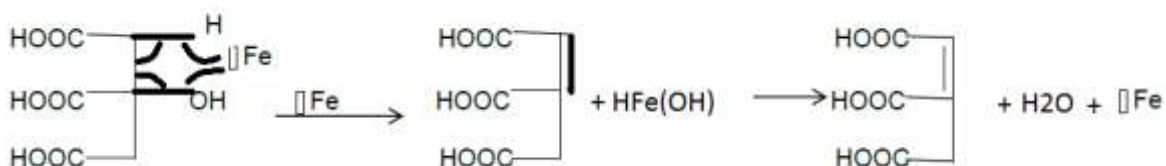


**Figure 9** : Déshydratation de l'acide citrique avec formation d'un alcène

La déshydratation est une importante réaction dans le corps de l'homme, lorsque les enzymes fonctionnent comme catalyseurs. Par ailleurs, la fonction  $\beta$ -oléfinique satisfait la réaction de polymérisation de l'acide citrique avec l'action de fer sans rouille.

Ce chapitre se base sur l'étude de la réaction de polymérisation de l'acide citrique en utilisant le fer comme catalyseur, plus précisément la poudre de fer.

La réaction est comme suit :



## II. Matériels utilisés

Pour cette manipulation on a employé avant tout un récipient en fer, puis :

- Un thermomètre, pour mesurer la température
- Une balance de précision, pour mesurer la quantité d'acide citrique
- Une spatule pour vérifier de temps à autre l'évolution du polymère
- Un pH mètre pour vérifier l'acidité du produit
- Une plaque chauffante pour mettre en œuvre la réaction
- Un bécher pour y introduire le polymère obtenu

## III. Mode opératoire

On prend une masse initiale  $m_i$  d'acide citrique préalablement pesé. Puis on le transvase dans le récipient en fer sans rouille, qui sera ensuite chauffer sur d'une plaque chauffante avec une température contrôlée par un thermomètre: c'est la réaction de polymérisation.

A une certaine température égale à  $175^{\circ}\text{C}$  le polymère obtenu commence à viré en marron. Mais arrivé à la température égale à  $250^{\circ}\text{C}$ , le polymère vire au noir ce que nous cherchions. Cela s'explique par le fait qu'à une température très élevé la polymérisation débute par la décarboxylation.

A la fin de la réaction on obtient des cristaux de polymères de couleur noir et de masse finale  $m_f$ .

Avec  $m_i=195\text{g}$  et  $m_f=30\text{g}$ .



**Photo 3 :** Polymères noirs d'acide citrique

#### **IV. Interprétations**

On peut dire que le récipient en fer a pleinement joué son rôle de catalyseur en favorisant la réaction de polymérisation jusqu'à l'obtention du PN.

Il réduit l'énergie nécessaire et catalyse la réaction de polymérisation.

## CHAPITRE 2 : EXTRACTION DU BETACAROTENE

### I. Principe [17] [18]

Le bêta-carotène peut être obtenu soit par extraction, soit par synthèse, soit par voie biotechnologique. Ici on a procédé par extraction à partir de l'huile de palme brute provenant directement de l'usine de production d'huile de palme de savonnerie tropicale à Tamatave ayant la couleur rouge foncée.



**Photo 4** : Extrait de l'huile de palme

Comme précédemment vu, la méthode utilisée est la méthode d'extraction par solvant qui est de l'acide acétique à 99%. Le but est de briser les liaisons ponts hydrogènes de triglycérides et les bêta-carotène afin de les remplacer par les liaisons hydrogène entre l'acide acétique et les molécules de bêta-carotène.

## II. Mode opératoire

- On prélève 20[ml] d'huile de palme dans une éprouvette graduée puis on la transvase dans un bécher. On ajout ensuite environ 60 [ml] d'acide acétique à 99%, dont le pH est à 3,27, tout en agitant le mélange pendant un certain temps.
- On transvase la solution dans une ampoule à décanter pour une décantation et on observe deux phases dont la phase inférieure de couleur jaune oranger qui est l'extrait de d'acide acétique et des molécules de bêta-carotènes et une phase supérieure composés essentiellement de triglycérides.



**Photo 5** : Décantation après mélange avec de l'acide acétique

- On récupère la partie inférieure et il fallait recommencer l'ajout d'acide acétique deux fois à plusieurs fois dans la solution riche en triglycérides qui est la phase supérieure pour augmenter le taux d'extraction en bêta-carotène. On passe ensuite, à la dilution avec l'eau de l'extrait de l'acide acétique riche en bêta-carotène pour récupérer les



molécules de bêta-carotènes insolubles dans l'eau et solubiliser l'acide acétique dans l'eau.

- On refait l'expérience de dilution une dizaine de fois puis on remarque que le bêta-carotène obtenu contient encore de l'acide acétique.



**Photo 6 :** Décantation après dilution avec de l'eau distillée

- On va cependant ajouter un peu d'alcool. Puis on ajoute la solution et on pause au réfrigérateur pendant quelques heures. On obtient ensuite du bêta-carotène.



**Photo 7 :** Molécules de bêta-carotène

## **CHAPITRE 3 : SYNTHÈSE DES PRODUITS ACTIFS (BASIQUE ET ACIDE) À BASE DE PN, D'HUILE DE COCO, DE PRINCIPES ACTIFS ET D'HUILE ESSENTIELLE**

### **I. Introduction**

Dans ce chapitre, en se référant à la théorie sur les liaisons ponts hydrogènes (cf. chap. I II), nous allons essayer de voir le rôle de ces liaisons ponts hydrogènes dans le transport et la fixation des produits actifs dans la structure des cheveux. Pour cela, la préparation et la quantification des composants des produits actifs avant la formulation et la synthèse des produits actifs sont nécessaires.

### **II. Matériels utilisés**

- Bécher pour la formulation et le mélange des composants
- Epprouvette graduée pour la quantification de la bêta-carotène et huile essentielle nécessaire
- Pissette
- Tube à essai et support pour garder un échantillon des produits finis et voir son évolution dans les temps
- pH mètre et papier tournesol pour vérifier l'évolution du pH de la solution formulée
- Pipette graduée avec une poire

### **III. Pesage du polymère noir et prélèvement de bêta-carotène**

Avant chaque essai, chaque manipulation procède par un pesage du polymère noir dans un bécher et d'un prélèvement de bêta-carotène dans un mini tube gradué. En effet, il est nécessaire de préparer tous les éléments nécessaires pour faciliter le mélange.

#### IV. Formulation du produit actif basique

On a introduit dans le bécher par ordre suivant les composés :

1. Les polymères noirs préalablement pesé et dont le volume est de 10 ml. Etant donné que le polymère noir est cristallisé, une fusion voir la liquéfaction du polymère noir (préalablement mis dans un creuset en porcelaine) dans un four aux alentours de 300°C s'avère nécessaire. Quand le PN se liquéfie, on rajoute instantanément l'huile de coco nécessaire (selon la formulation) dans le creuset en porcelaine et on laisse l'ensemble, pendant au maximum une minute, dans le four à 300°C. Nous obtenions ainsi un liquide plus ou moins verdâtre foncé composé de PN et d'huile de coco.



**Photo 8** : Polymères noirs et huile de coco après chauffage à 300°C

2. Bêtacarotène prélevé dans le tube gradué [3ml]
3. Eau prélevé dans la pissette [1ml]
4. Rajout de miel ou de l'aloès vera (deux gouttes au maximum) qui sont des principes actifs porteurs de produits minéraux notamment du fer, cuivre, etc . Des produits également nourrissants plus ou moins acide suivant son pH étant donné que suivant la littérature son pH est entre 4,31 et 6,02. Ce qui affectera ainsi le pH du mélange jusque-là formulé et contrôlé par l'utilisation fréquente du papier tournesol.
5. Une goutte d'ylang-ylang pour avoir un parfum plus agréable du produit et de profiter également les bienfaits de cet huile essentielle cités dans la partie bibliographique.

Il faut remarquer que pendant la mise en composition de (1.) à (6.), on a toujours bien mélangé les composés successifs pour avoir un mélange homogène. A la fin, nous avons obtenu un produit plus ou moins neutre (pH au voisinage de 6,7- étant donné que le miel qui a été utilisé a été plus acide) de couleur orange avec l'odeur agréable de l'Ylang-Ylang. Une partie a été mise dans un tube à essai pour voir son évolution dans le temps. Le test du produit sur un cheveu sera décrit ultérieurement.



**Photo 9** : Produit basique

## **V. Formulation du produit actif acide**

Nous avons introduit dans le bécher par ordre suivant les composés :

1. Les polymères noirs préalablement pesé et dont le volume est de 10 ml. Etant donné que le polymère noir est cristallisé, une fusion voir la liquéfaction du polymère noir (préalablement mis dans un creuset en porcelaine) dans un four aux alentours de 300°C s'avère nécessaire. Quand le PN se liquéfie, on rajoute instantanément l'huile de coco nécessaire (selon la formulation) dans le creuset en porcelaine et on laisse l'ensemble, pendant au maximum une minute, dans le four à 300°C. Nous obtenions ainsi un liquide plus ou moins verdâtre foncé composé de PN et d'huile de coco.
2. Bêtacarotène plus ou moins hydraté 3 ml
3. Rajout de miel ou de l'aloès vera (deux gouttes au maximum) qui sont des principes actifs porteurs de produits minéraux notamment du fer, cuivre, etc.

Des produits également nourrissants plus ou moins acide suivant son pH étant donné que suivant la littérature son pH est entre 4,31 et 6,02. Ce qui affectera ainsi le pH du mélange jusque-là formulé et contrôlé par l'utilisation fréquente du papier tournesol.

Le pH du miel/aloeès vera est environ égal à 4,5 alors avec une quantité largement plus grande que celle du produit basique, le pH de la composition à (5.) sera au voisinage de 6 ( $\text{pH} \approx 5,9694$ ).

4. Pour cette étape, on a préparé une solution d'acide citrique dont le  $\text{pH}=6$ . Et l'on a prélevé que 1[ml] de cette solution.

Le mélange de (1.) jusqu'à (5.) est porté jusqu'à  $75^{\circ}\text{C}$  en utilisant un bain marie. On a ensuite introduit les 1 [ml] de solution d'acide citrique et laissé réagir à  $75^{\circ}\text{C}$  pendant une heure en mélangeant constamment.

Après une heure, on a laissé refroidir et rajouté une goutte de fleur d'oranger pour avoir un parfum plus agréable et de profiter aussi les bienfaits de cette huile essentielle. A la fin, nous avons ainsi obtenu un produit acide ( $\text{pH}$  au voisinage de 4) de couleur orange. Une partie a été mise dans un tube à essai pour voir son évolution dans le temps. Le test du produit sur un cheveu sera décrit ultérieurement.



**Photo 10** : Echantillon du produit légèrement acide

## VI. Commentaires et discussions

Nous avons constaté que le volume d'huile de coco utilisé peut varier le pH du produit obtenu selon la quantité. Il a été vérifié que plus le volume de l'huile de coco augmente, plus le pH de la solution formulée ne sera de plus en plus acide. Et plus le volume de l'huile est petit, plus le pH de la solution formulée sera de plus en plus basique.

Nous avons constaté également la formation de l'eau plus dense que le reste de la solution dans le tube à essai du produit actif acide. Ceci est normal étant donné que le rajout de l'acide citrique conduisait à l'estérification des acides gras de l'huile de coco. Nous avons obtenu ainsi des esters d'acide gras d'huile de coco et de l'acide citrique (porteur de la fonction alcool) qui est moins dense et se mettait en mélange avec le reste de la solution au-dessus. L'eau formée au cours de la réaction d'estérification, qui est plus dense, sera en dessous. L'eau est visible après seulement une journée de la formulation avec une quantité non négligeable, ce qui est vraiment intéressante pour l'hydratation des cheveux non seulement en surface mais aussi à l'intérieur étant donné que les composants des produits actifs (que ce soit acide ou basique) sont facilement transportables dans la structure des cheveux dont la taille est largement supérieure (cf. Chap. IV). C'est l'objet de la suite du mémoire, essayer de quantifier les composants notamment les molécules de bêta-carotènes et les molécules acides (PN hydrolysés à chaud et les acides gras de l'huile de coco) qui sont restés dans la structure des cheveux après macération et après extraction à chaud.

## **CHAPITRE 4 : PROCEDURE DE DOSAGE DES TENEURS EN BETACAROTENE ET DES PN AVEC LES ACIDES GRAS DE L'HUILE DE COCO**

### **I. Introduction**

Dans la composition des produits, nous avons utilisés des molécules de bêtacarotènes et de polymères noires d'acide citrique. Pour vérifier l'activité de ces molécules et éventuellement de l'huile de coco dans l'amélioration de la qualité des cheveux, nous avons essayé non seulement de doser leurs quantités dans la chevelure mais aussi de voir la qualité des cheveux à la fin du traitement.

Le traitement consiste d'abord à macérer des brins de cheveux chacun préalablement pesé dans chaque produit (produit basique et produit acide) pendant 20h afin que le produit s'intègre bien dans la structure de la chevelure. Le lendemain, nous avons mis chaque brin pendant une journée entière dans un dessiccateur pour vérifier l'effet du produit avec le temps sur la qualité des cheveux.

### **II. Matériels utilisé**

- ✓ Bécher
- ✓ Un agitateur magnétique menu d'un poisson
- ✓ Une plaque chauffante
- ✓ Une ampoule à décanter de petite taille
- ✓ Pipette graduée avec une poire
- ✓ Une burette

### **III. Procédure de dosage de bêtacarotène dans la chevelure**

#### **1. Pesage**

Pour la procédure, on procède tout d'abord au pesage des brins de cheveux avant l'extraction.

## 2. Extraction

Dans cette manipulation, les molécules à doser sont extraites des brins de cheveux. Pour cela, ces dernières sont introduites dans du bécher puis chauffées sur une plaque chauffante jusqu'au bouillonnement de la solution pendant quelques minutes. Les polymères noirs seront hydrolysés et les hydracides (liaisons  $-C-O-C-$ ) vont se régénérés en  $-C-OH$ . Les molécules d'acide gras saturés ou insaturés de l'huile de coco vont se régénérés aussi ainsi que l'acide citrique plus particulièrement pour le produit acide (utilisant l'acide citrique). Tous les acides vont être dissouts dans l'eau. Et les molécules de bêta-carotènes qui sont insolubles dans l'eau vont se libérées.

## 3. Décantation

La solution obtenue ci-dessus est rajoutée par de l'hexane, qu'on laisse décanter dans une ampoule à décanter de petite taille pendant environ 15min. Deux phases vont clairement se voir : une phase aqueuse contenant l'eau d'extraction, les acides dérivés des polymères noirs, puis une phase organique c'est-à-dire l'extrait contenant de l'hexane (solvant apolaire), les molécules d'acides gras saturés et insaturés (de l'huile de coco) et les molécules de bêta-carotène. Cette phase organique sera ensuite dosée par une solution d'HF préalablement préparée selon la procédure élaborée dans la mémoire de M. Phandry. Ainsi, nous avons quantifié non seulement les doubles liaisons des bêta-carotènes mais aussi tous les doubles liaisons des acides gras insaturés (huile de coco) extraites dans l'hexane.

## 4. Mode opératoire

La solution de HF sera placée dans la burette, tandis que la solution à doser dans un bécher en bas de la burette sur un agitateur magnétique muni d'un poisson.

Après, on ajoute deux gouttes de bleu de bromophénole dans la solution à doser. Puis, on allume l'agitateur magnétique tout en versant goutte par goutte la solution à doser jusqu'à l'obtention de couleur jaune orangé permanent.



$V_B$  : Volume de la solution à doser égale à 20ml

$V_i$  : Volume initiale de la solution d'HF dans la burette égale à 2,5ml

$V_f$  : Volume finale de la solution d'HF dans la burette quand la solution à doser vire au jaune permanent égale à 15,4ml



**Photo 11** : Solution à doser (coloration jaune orangé transparent), pour le bêtacarotène

## 5. Résultats et interprétations

$V_{\equiv}$  : Volume de la solution à doser égale à 20ml

$V_i$  : Volume initiale de la solution d'HF dans la burette égale à 2,5ml

$V_f$  : Volume finale de la solution d'HF dans la burette quand la solution à doser vire au jaune transparent égale à 15,4ml

Au point d'équivalence, la solution basique bleue par les gouttes de l'indicateur coloré bleu de bromophénol va se virer en jaune transparent.

Ainsi,  $n_{HF} = n_B$  tel que  $n_i$  est le nombre de moles de l'entité  $i$  dans la solution à doser

$$C_{HF}V_{HF} = C_{\equiv}V_{\equiv} \quad \text{avec } C_{HF} : \text{Concentration de la solution HF}$$

$C_{\equiv}$  : Concentration en double liaison de la solution à doser

$V_A$  : Volume de la solution HF au moment où la solution à doser vire au jaune transparent

$$\text{Alors } C_{\equiv} = \frac{C_A V_A}{V_{\equiv}}$$

**1<sup>er</sup> test dosage des doubles liaisons dans produit basique:**  $m_{\text{cheveux1}}=0,0013\text{g}$

**Tableau 3 :** Paramètre de dosage de bêta-carotène pour produit basique

$V_{\text{échantillon}}$ [ml]	$V_{\text{HF}}$ [ml]	$C_{\text{HF}}$ [mole/l]	$n_{\text{HF}}$	$C_{=}$ [mole/l]	$*n_{\beta}$	$m_{\beta}$ [g]
10	7,5	$2,6 \cdot 10^{-3}$	$1,95 \cdot 10^{-3}$	$1,95 \cdot 10^{-3}$	$2,6 \cdot 10^{-4}$	0,1395
20	18,65	$2,6 \cdot 10^{-3}$	$2,42 \cdot 10^{-3}$	$2,42 \cdot 10^{-3}$	$2,68 \cdot 10^{-4}$	0,144

\* Si on suppose qu'on n'a dosé que du bêta-carotène  $*n_{\beta}=[n_{\text{HF}}/9]$ . Nous remarquons que la masse de bêta-carotène extraite est largement supérieure à la masse totale, ce qui confirme que le dosage par HF dose non seulement les alcènes des molécules de bêta-carotène mais aussi et surtout les doubles liaisons des molécules d'acides gras insaturés présents dans l'huile de coco. Ces résultats confirment aussi que les composants actifs sont bels et biens retenus dans la structure de la chevelure et l'extraction des molécules de bêta-carotènes par ce procédé à chaud ne posent pas de problèmes particuliers sauf son ultérieure purification des acides gras insaturés de l'huile de coco.

**2<sup>ème</sup> test (Produit acide):**

- $m_{\text{épais}}(\text{initiale})=0,0035[\text{g}]$  et  $m_{\text{épais}}(\text{après macération})=0,0037[\text{g}]$

**Tableau 4 :** Paramètre de dosage de bêta-carotène pour produit légèrement acide

$V_{\text{échantillon}}$ [ml]	$V_{\text{HF}}$ [ml]	$C_{\text{HF}}$ [mole/l]	$C_{=}$ [mole/l]
3	6	$2,6 \cdot 10^{-3}$	$5,2 \cdot 10^{-3}$

- $m_{\text{fine}}(\text{initiale})=0,0002[\text{g}]$  et  $m_{\text{fine}}(\text{après macération})=0,0004[\text{g}]$

$V_{\text{échantillon}}$ [ml]	$V_{\text{HF}}$ [ml]	$C_{\text{HF}}$ [mole/l]	$C_{=}$ [mole/l]
5	1,3	$2,6 \cdot 10^{-3}$	$6,76 \cdot 10^{-4}$

Dans ce dosage, nous voyons que la masse du bêta-carotène calculer à partir du dosage par HF est largement supérieure à la masse de bêta-carotène initiale plus celui du polymère noir, et de l'huile de coco.

#### IV. Procédure de dosage de polymères noirs dans la chevelure :

On prend la phase aqueuse précédemment vu et cette solution va ensuite être dosé par une solution NaOH.

##### 1. Mode opératoire

La procédure est comme suit :

1. Préparer une solution de dosage de NaOH à  $0,004 \text{ [mol.l}^{-1}\text{]}$  ( $C_B$ )
2. Mettre la solution dans une burette
3. Mettre la phase aqueuse récupérée ci-dessus dans un Becher tout en ne pas oubliant de relever son volume ( $V_A$ ) et y ajouter deux (02) gouttes d'hélianthine, la couleur de la solution vire au rouge
4. Commencer le dosage et arrêter quand la couleur du distillat dans le Becher vire au jaune-orangée.



**Photo 12 :** Solution à doser (coloration jaune orangé permanent) pour le PN

## 2. Résultats et interprétations

### Résultats :

#### a) Produit basique

Prendre le volume de NaOH ( $V_B$ ) au virage qui correspond au point d'équivalence sur lequel  $C_B \times V_B = C_A \times V_A$  et en déduire alors  $C_A$  puis  $n_A = n_B = C_B \times V_B = C_A \times V_A$  qui correspond au nombre de moles d'acide dosés.

On a :  $V_A = 1,4[\text{ml}]$  et  $V_B = 13[\text{ml}]$  ; avec  $C_A = 0,004 [\text{mol.l}^{-1}]$

Alors,  $C_B = 4,31.10^{-4} [\text{mol.l}^{-1}]$ .

Donc,  $n_B = 5,6.10^{-6} [\text{mole}]$ .

En se référant à la figure du polymère noire hydrolysés, dans une mole de polymère noir hydrolysé il y a 28 acides. Ainsi le nombre de moles de polymères est égal à :

$$n_{\text{Polymères noirs}} = \frac{n_B}{28}$$

$$n_{\text{Polymères noirs}} = 2.10^{-7} [\text{mole}].$$

On obtient ainsi  $m_{\text{Polymères noirs}} = 0,000314 [\text{g}]$  avec  $M_{\text{PN}} = 1571 [\text{g/mol}]$

Ce qui est largement inférieur à la masse du brin de cheveux. Donc on peut dire que ce dernier a retenu largement du polymère noir dans sa structure.

#### b) Produit légèrement acide

- **Cheveux fine**

On a :  $V_A = 0,5 [\text{ml}]$  et  $V_B = 20 [\text{ml}]$ .

Alors,  $C_B = 1.10^{-4} [\text{mol.l}^{-1}]$ .

Donc,  $n_B = 2.10^{-6} [\text{mole}]$ .

Il en résulte que  $n_{\text{Polymères noirs}} = 7,148.10^{-8} [\text{mole}]$ .

On obtient ainsi  $m_{\text{Polymères noirs}} = 1,12.10^{-4} [\text{g}] < m_{\text{fine(après macération)}} = 0,0004[\text{g}]$ .

Donc on peut dire que ce dernier a retenu du polymère noir dans sa structure.

- **Cheveux épais**

On a :  $V_A = 1$  [ml] et  $V_B = 20$  [ml].

Alors,  $C_B = 2.10^{-4}$  [mol.l<sup>-1</sup>].

Donc,  $n_B = 4.10^{-6}$  [mole].

Il en résulte que  $n_{\text{Polymères noirs}} = 1,43.10^{-7}$  [mole].

On obtient ainsi  $m_{\text{Polymères noirs}} = 2,25.10^{-4}$  [g] <  $m_{\text{épais(après macération)}} = 0,0037$  [g].

Donc on peut dire que ce dernier a retenu largement du polymère noir dans sa structure.

### Interprétations :

Ces résultats confirment que la procédure de dosage des PN était concluante en milieu basique. En supposant que les composants des produits sont les molécules de bêta-carotènes, les molécules de l'huile de coco et les autres négligeables, nous obtenions :

$$\text{Masse non extrait (Bêta-carotène+Huile Coco)} = \text{masse totale}_{\text{composants}} - \text{masse}_{\text{PN}}$$

En se référant aux résultats des essais de macération de cheveux fins du deuxième test, 100% en masse des cheveux est le total des masses de composants retenus sur le brin de cheveu fin après macération et dans le 1<sup>er</sup> test la masse totale de composants retenus est de 0,0013. Ainsi, on a :

$$\text{Masse (Bêta-carotène+Huile Coco)} = 0,0013 - 0,000314 = 0,000986$$

D'où, le taux d'extraction en bêta-carotène et huile de coco est de 75,85%. Nous pouvons aussi dire que le PN a été retenu sur les cheveux après macération et pénétre bel et bien aussi dans la structure de la chevelure avec son taux d'extraction par rapport au composant total est de 24,15% : ce qui veut dire que même après extraction à chaud, une large partie des PN reste encore retenu sur la structure de la chevelure.

Ce qui explique la couleur relativement toujours noir des cheveux et sa capacité à retenir les colorants pour cheveux de par sa nature chimique et sa structure (cf. Partie bibliographique - composé largement oxygéné et hydrogéné  $C_{70}H_{58}O_{42}$  à grande capacité de former une liaison pont hydrogène avec les colorants). Ce qui n'est pas du tout le cas de l'huile de coco.

Par ailleurs, en milieu acide, le dosage du PN pourrait-être surévalué à cause de la solubilité de l'acide citrique dans la phase aqueuse. En effet, il faut dire aussi que l'acide citrique est largement soluble aussi dans l'eau, donc cette surévaluation est modérer surtout qu'on n'a pas utilisé qu'une faible quantité d'hexane pour l'extraction.

## **V. Test des cheveux après macération**

### **1. Test de porosité**

Pour découvrir la porosité capillaire, on a pris les brins de cheveu qu'on a macéré dans chacun des produits basique et acide.

On les a ensuite plongé dans un vers d'eau et les brins de cheveux ont flotté et sont tombé lentement au fond du vers.

On peut dire alors que leur porosité est normale, c'est l'idéale.

### **2. Test d'épaisseur**

Le brin de cheveux est devenu nettement plus épais par rapport à son épaisseur initiale après macération pendant plusieurs heures dans les produits que ce soit acide ou basique. Mais il est important de connaître que le brin de cheveux est épais dans le sens où il a du volume et est très brillant comme le montre les photos ci-dessus :



(a)

(b)

**Photo 13** : Cheveux après macération dans produit basique (a) et acide (b)

Ce qui confirme que les molécules composantes des produits actifs (molécules de bêta-carotène, molécules d'acides gras de l'huile de coco, molécules de polymères noirs PN), que ce soit basique, que ce soit acide, sont entrées dans la structure de la chevelure qui est assez large pour les recevoir. En se référant à la masse des cheveux avant et après macération puis dans dessiccateur pendant au moins 24 heures, nous avons constaté une augmentation de la masse de chevelure allant de 6% pour les cheveux épais à 100% pour les cheveux fins. Aussi, les cheveux étaient devenus plus brillants et lisses au toucher après macération.

### 3. Test d'élasticité

On a remarqué que les brins de cheveux macérés dans chacun des produits sont souples et élastiques. En effet, lors de la vérification les brins de cheveux se sont étirés d'environ 1/3 de leur longueur et ils sont revenus à leur longueur initiale.

## CONCLUSION GENERALE

On peut conclure que d'une part, que ce soit un produit basique ou un produit acide, les molécules actives sont retenues massivement dans la structure de la chevelure après macération. En effet, la grandeur des caractéristiques d'un brin cheveu est bien plus large que celle des molécules. Cependant ces dernières peuvent accéder soit en groupe soit un à un, ce qui donne l'éclat des cheveux et sa brillance ainsi que de son apparence noircit.

D'une autre part, des méthodes de dosage des molécules de doubles liaisons et de PN extraits sur les cheveux après macérations suivant des procédures élaborées ont été décrites. Par ailleurs, concernant particulièrement les PN, son dosage sur milieu basique est concluant et a permis d'évaluer que même après extraction à l'eau chaude, une partie non négligeable de PN a été retenue sur les cheveux après macération et pénètre bel et bien aussi dans la structure de la chevelure.

Cependant, ces méthodes ont conclu que non seulement les composants ont été retenus dans la structure des cheveux lors de la macération mais aussi et surtout leurs extractions et leurs recyclages sur les cheveux usés ou coupés, qui ont utilisés nos produits basiques et acides sans colorations, sont possibles en utilisant les procédures d'extraction à chaud. Ces doubles liaisons qui par hydrogénation peuvent fournir des énergies non négligeables favorisant la synthèse d'éventuels éléments nutritifs nécessaires au développement saines des cheveux. Les PN qui sont des molécules fortement oxygénés et hydrogénés jouent le rôle de retenir les colorants des cheveux par liaisons ponts hydrogènes. Ce qui accentue la beauté des cheveux à long terme.

Ainsi, on peut confirmer la beauté des cheveux après usage de nos produits : des cheveux brillant, noircis et retenant favorablement les colorations ainsi que des cheveux sains avec augmentation de leurs volumes et l'idéalisme de souplesse.



## BIBLIOGRAPHIES ET WEBOGRAPHIES

- [1] <http://www.societechimiquedefrance.fr/acide-citrique.html>
- [2] <http://www.wikipedia.acidecitrique.org>
- [3] <http://www.aroma-zone.com/info/fiche-technique/acide-citrique-aroma-zone>
- [4] Sammy Eric ANDRIAMBOLA, "VALORISATION DE L'ACIDE CITRIQUE EN POLYMERES ET EN SELS DE MONO - ET DI - ET TRIAMMONIUM", Mémoire de fin d'étude en vue de l'obtention du diplôme d'Ingénieur en Génie Chimique, ESPA. Université Antananarivo. 2013.
- [5] <https://fr.wikipedia.org/wiki/Polymérisation>
- [6] <http://www.futura-sciences.com/sciences/dossiers/physique-vulgarisation-polymeres-syn-thetiques-709/page/5/>
- [7] <https://fr.wikipedia.org/wiki/B%C3%AAta-Carot%C3%A8ne>
- [8] <https://fr.wikipedia.org/wiki/Carotène>
- [9] Pure Appl. Chem. , Vol. 83, No. 8, pp. 1637–1641, 2011.  
doi:10.1351/PAC-REC-10-01-02 © 2011 IUPAC, Publication date (Web): 8 July 2011
- [10] [https://fr.wikipedia.org/wiki/Liaison\\_hydrogène](https://fr.wikipedia.org/wiki/Liaison_hydrogène)
- [11] <http://huiledecoco.info/>
- [12] Biotechnol. Agron. Soc. Environ. 2010 14 (4), 693-705, L'Ylang-Ylang [Cananga odorata (Lam.) Hook.f. & Thomson] : une plante à huile essentielle méconnue dans une filière en danger, Céline Benini, Jean-Paul Danflous, Jean-Paul Wathelet, Patrick du Jardin, Marie-Laure Fauconnier, Reçu le 5 novembre 2009, accepté le 30 mars
- [13] [www.topsante.com/beaute-et-soins/beaute-au-naturel/les-ingredients-natures/fleur-d-oranger-l-eau-calmante-62125](http://www.topsante.com/beaute-et-soins/beaute-au-naturel/les-ingredients-natures/fleur-d-oranger-l-eau-calmante-62125)

[14] <https://fr.wikipedia.org/wiki/Miel>

[15] [www.passeportsante.net/fr/Solutions/PlantesSupplements/Fiche.aspx?doc=aloes\\_ps](http://www.passeportsante.net/fr/Solutions/PlantesSupplements/Fiche.aspx?doc=aloes_ps)

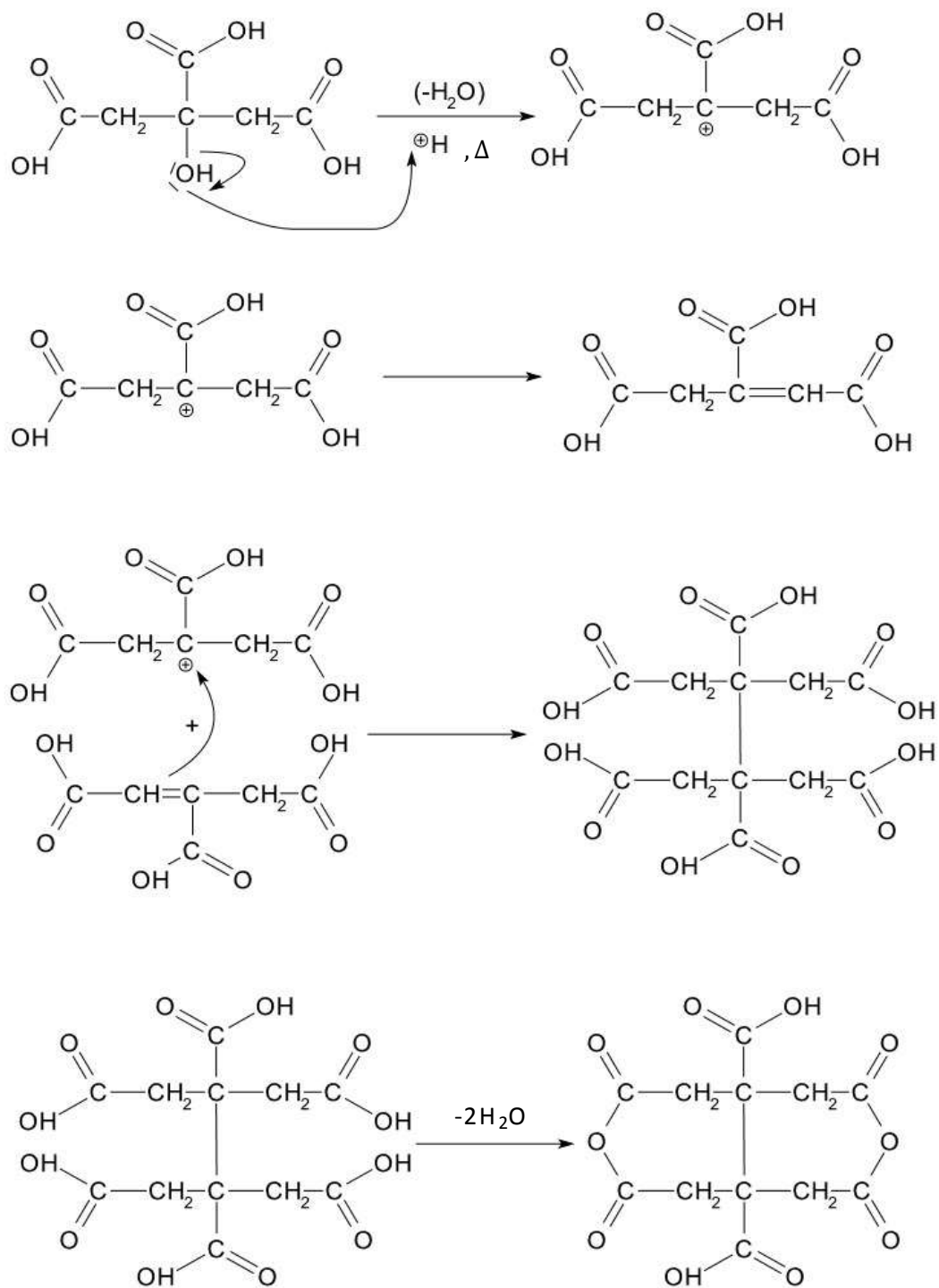
[16] [www.schwarzkopf-professional.ca/skp/ca/fr/home/formation/ask/consultation/0014/comment-analyser-les-cheveux-de-votre-client.html](http://www.schwarzkopf-professional.ca/skp/ca/fr/home/formation/ask/consultation/0014/comment-analyser-les-cheveux-de-votre-client.html)

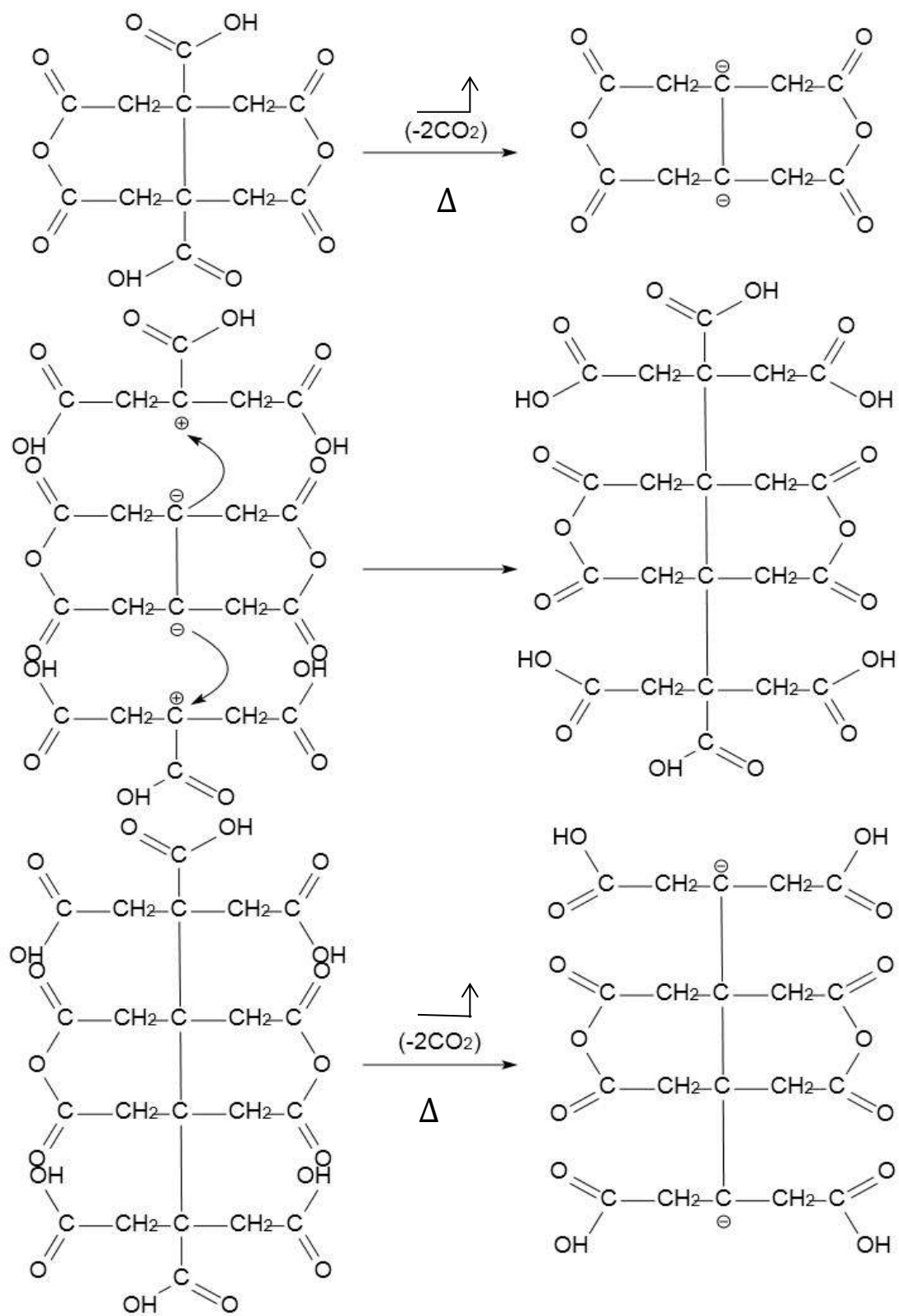
[17] Phandry Taryh Nomena Ndjiva RABEARIMIHAJA « Valorisation du bêta-carotène extrait de l'huile de palme brute de l'acide acétique par la détermination des teneurs en eau, de produits pétroliers et dosage des teneurs en bêta-carotène par de l'acide fluorhydrique », Mémoire de fin d'études en vue de l'obtention du diplôme de Master. Titre Ingénieur en Génie des Procédés Chimiques et Industriels. ESPA. Université Antananarivo 2015.

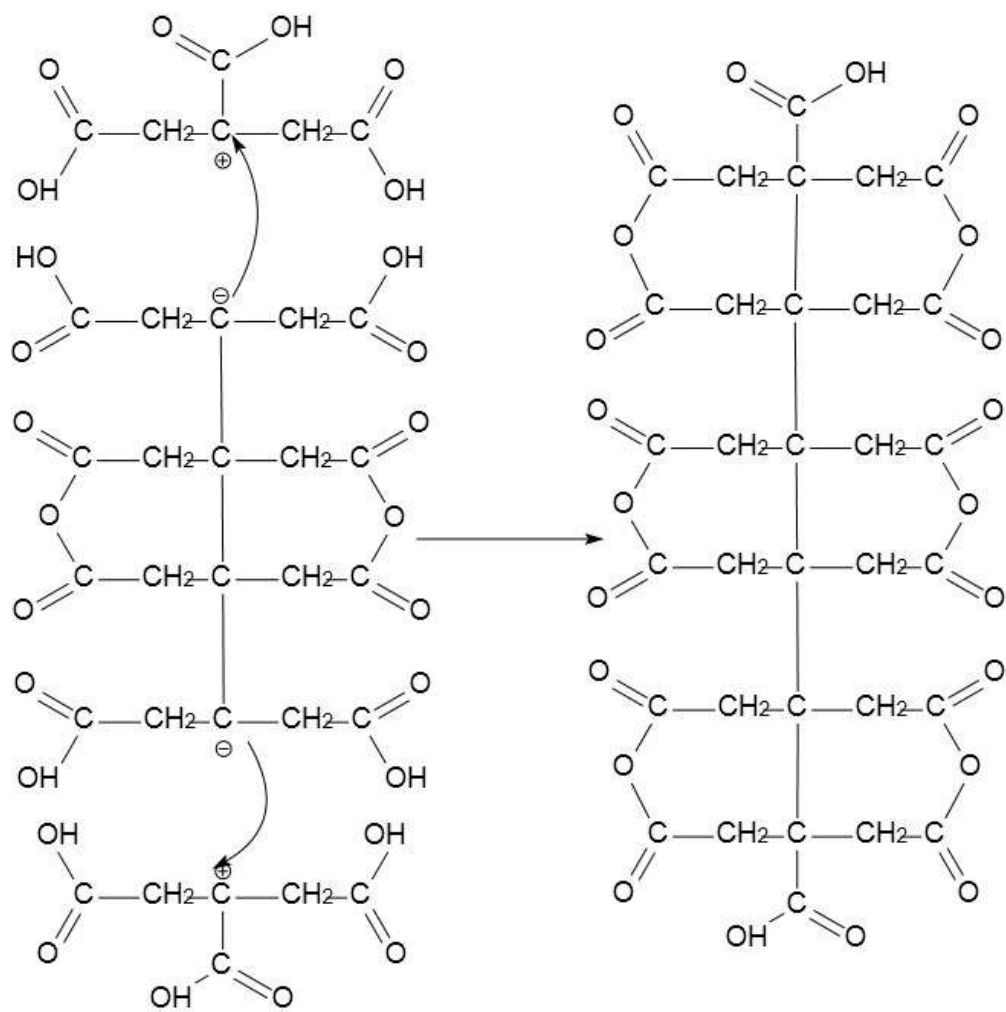
[18] Andry Tahina RABEHARITSARA; Phandry Taryh Nomena Ndjiva RABEARIMIHAJA « New Processes to Extract Pure Betacarotenes Molecules Using Acetic Acid Solvent » American Journal of Applied Chemistry, Vol-4, Issue Number 2, April 2016

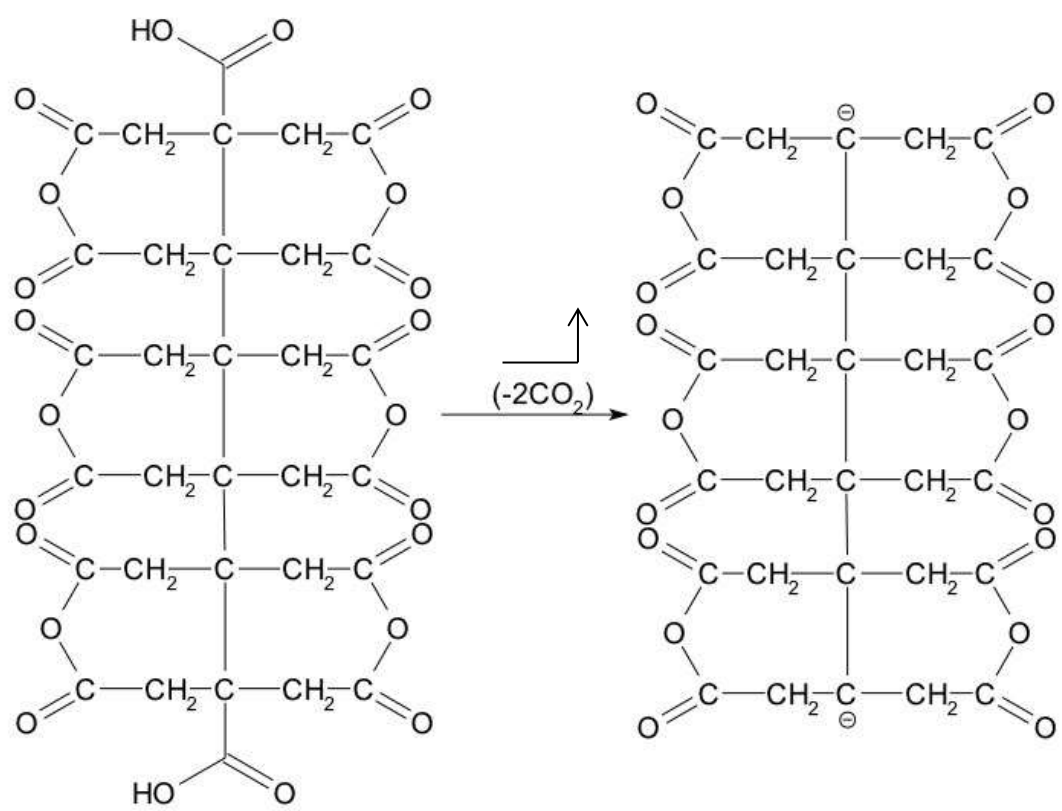
# ANNEXES

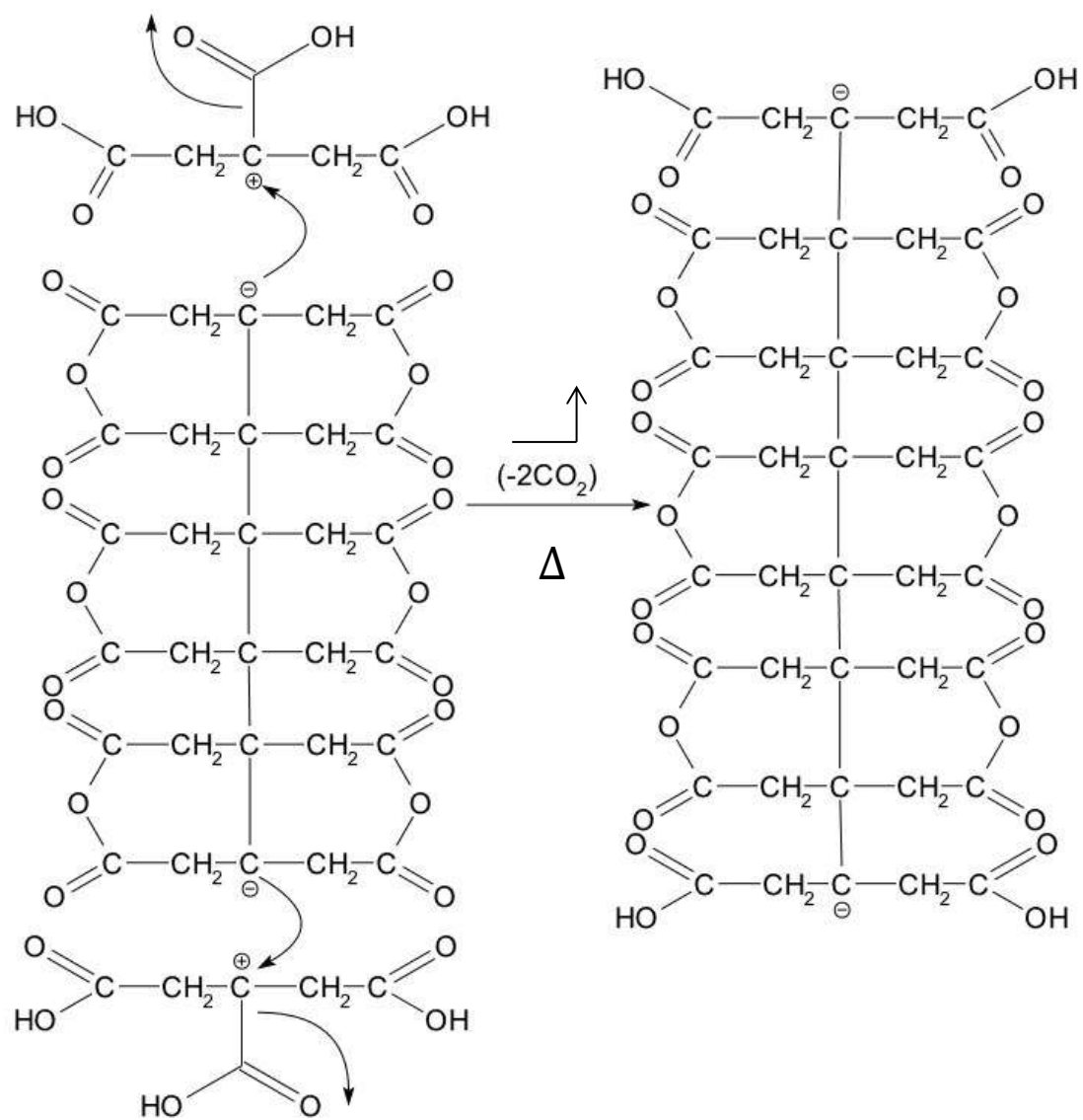
# ANNEXE 1 : Schéma de la réaction de la polymérisation de l'acide citrique



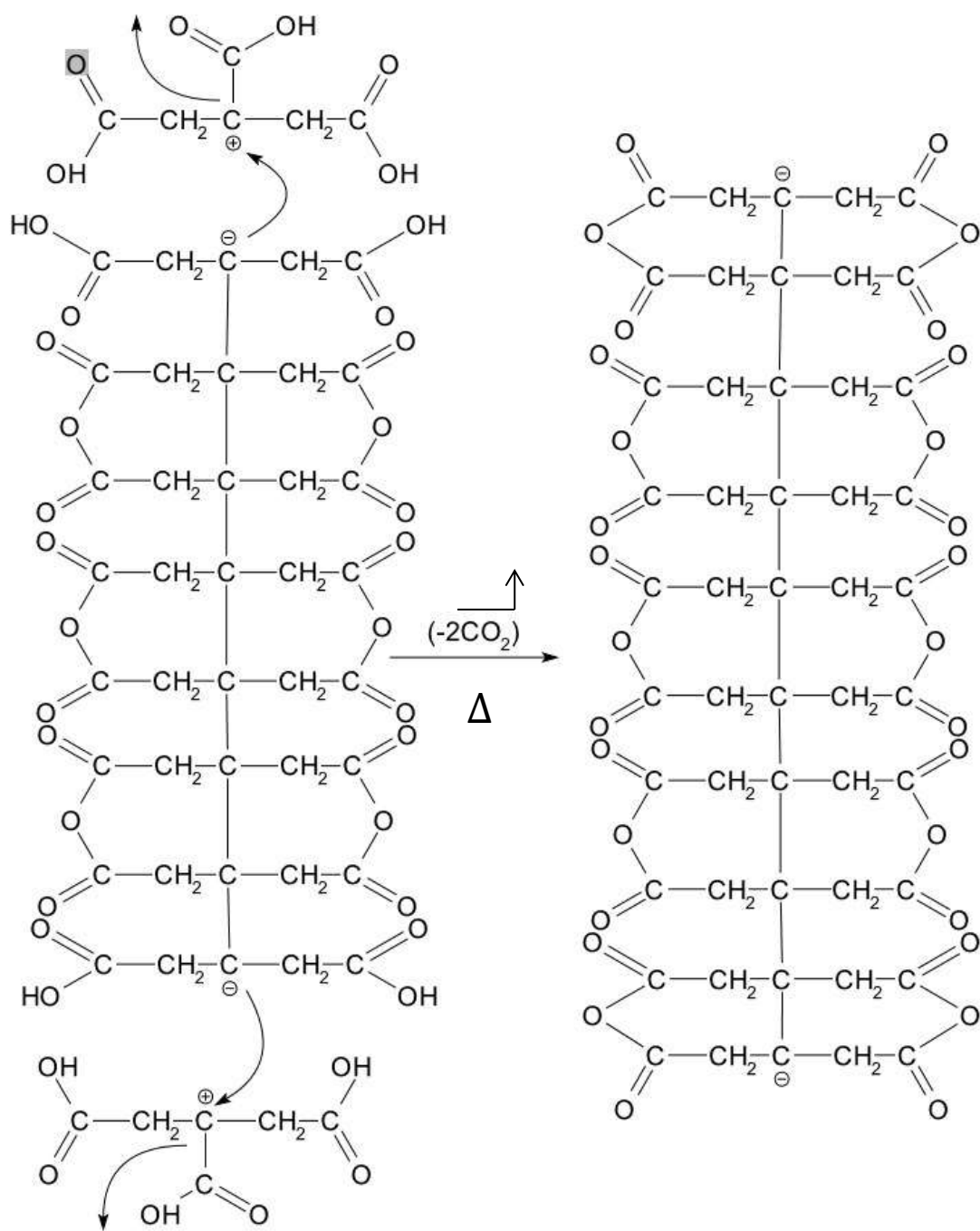


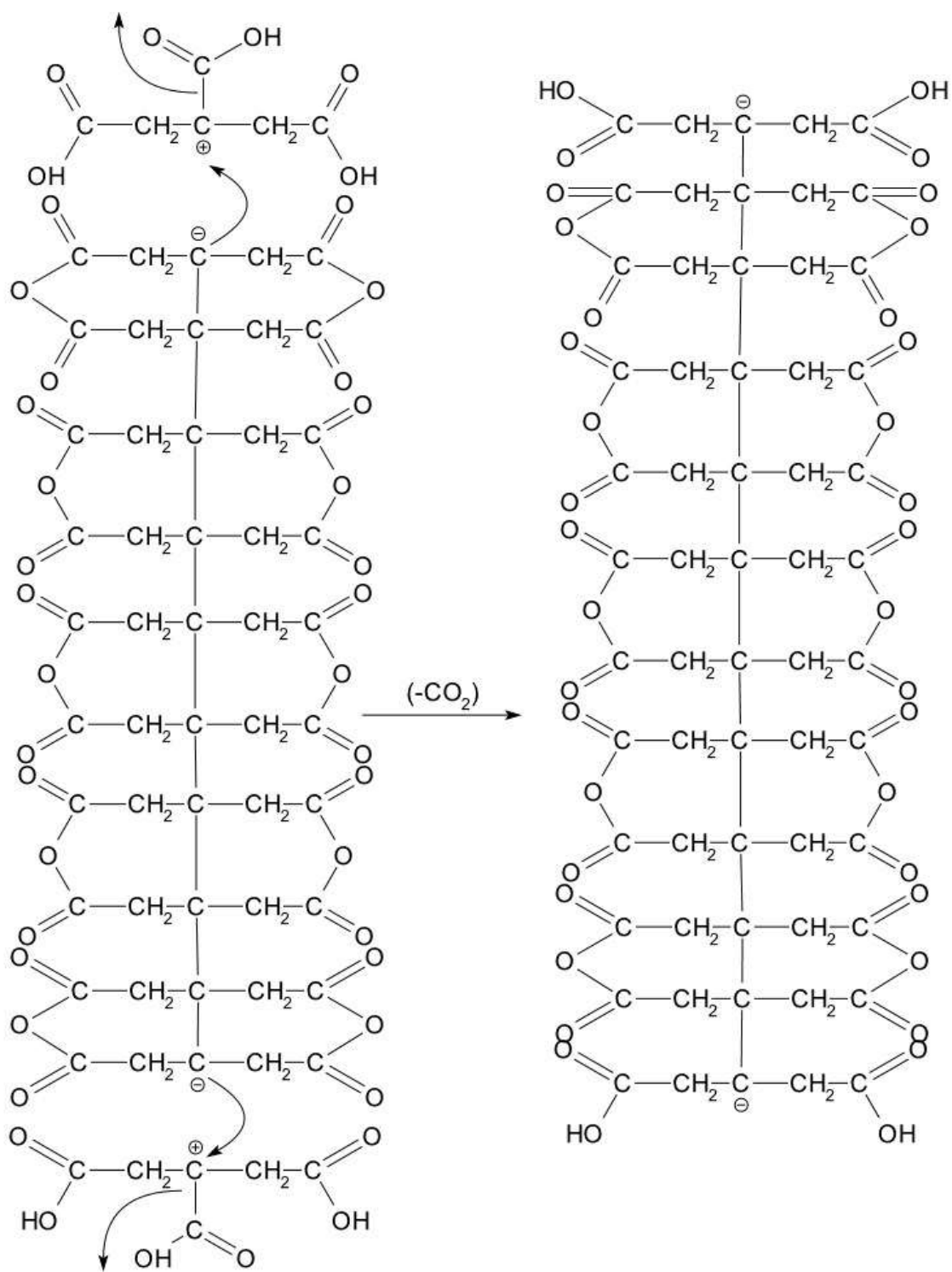


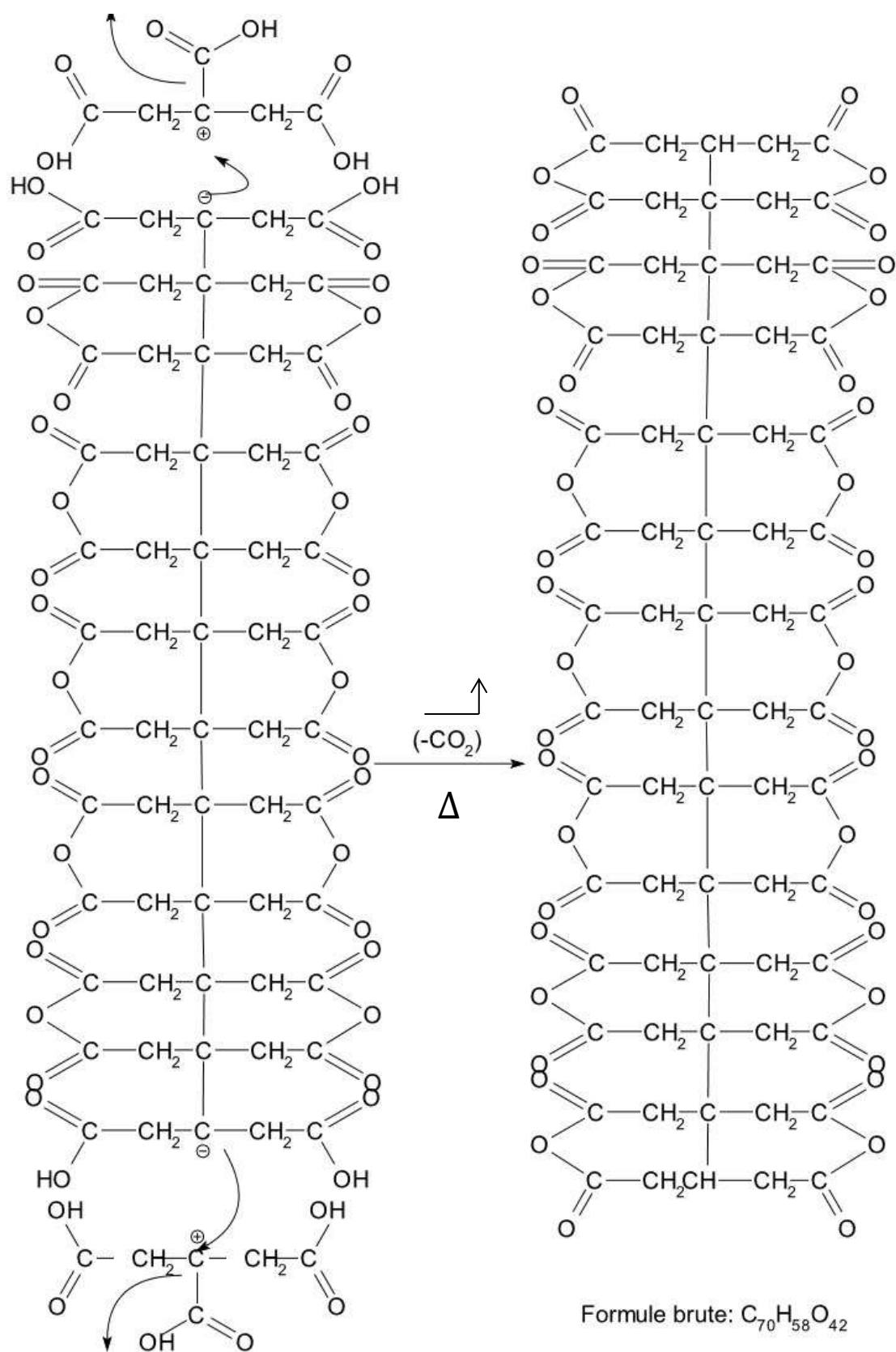




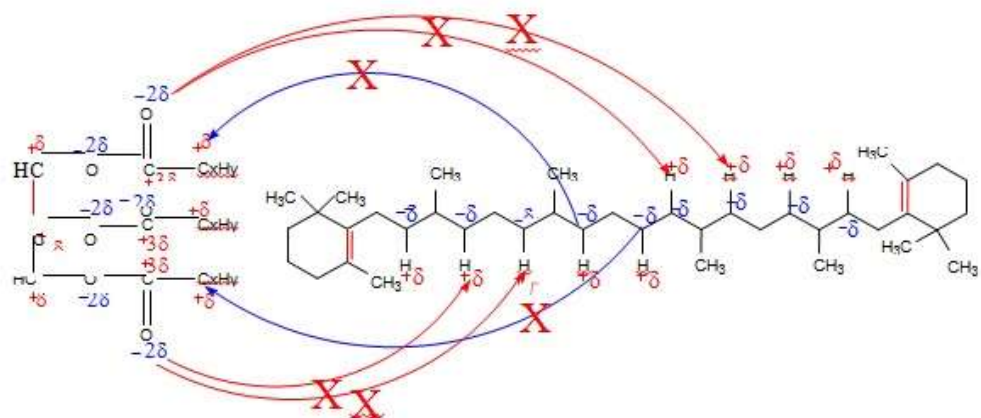




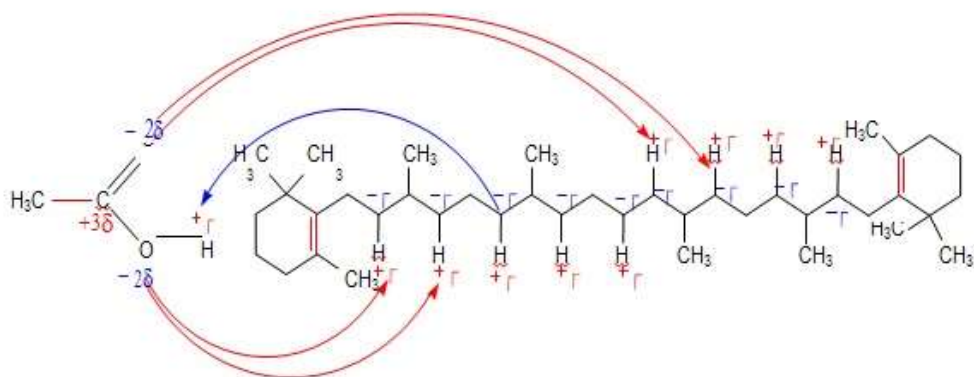




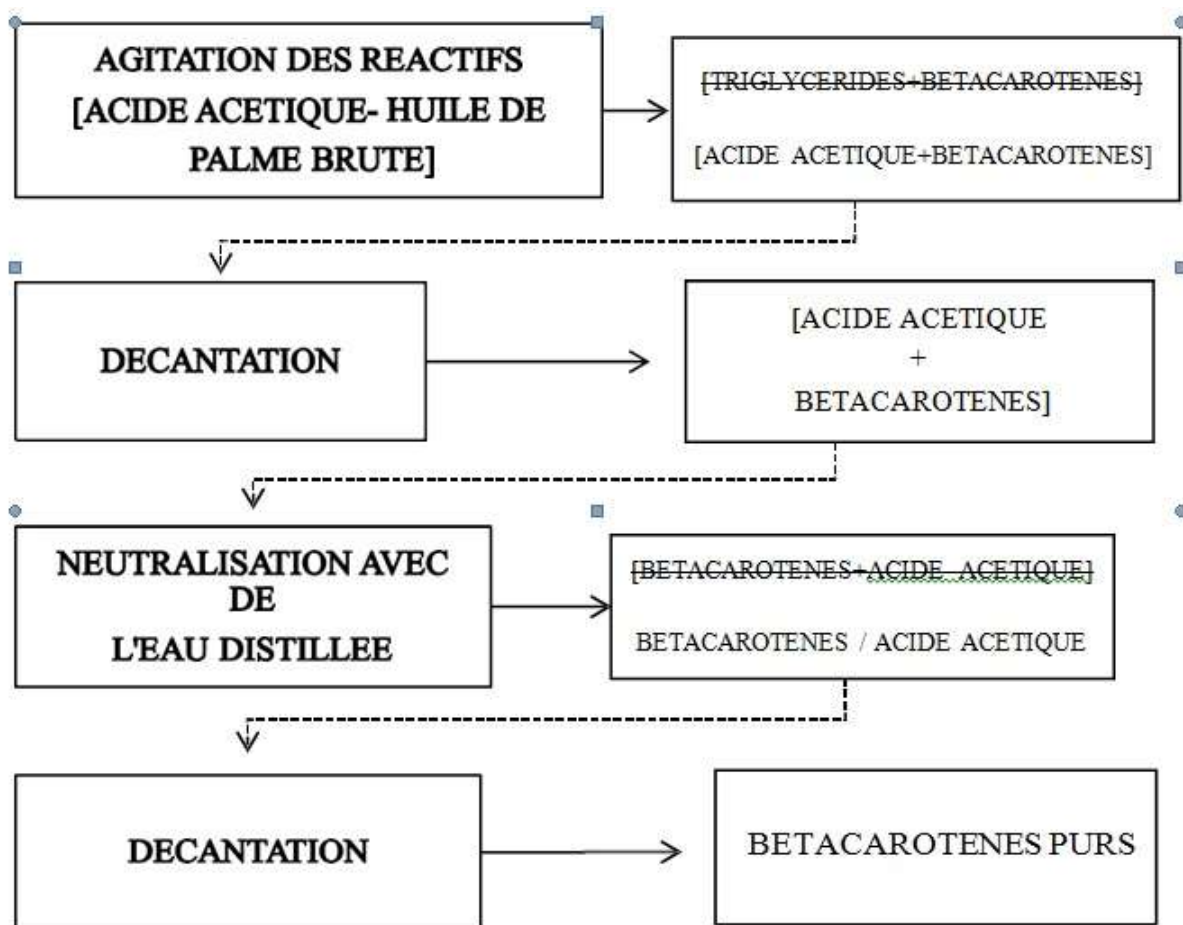
## ANNEXE 2: Coupure de la liaison hydrogène entre les triglycérides et le bêtacarotène



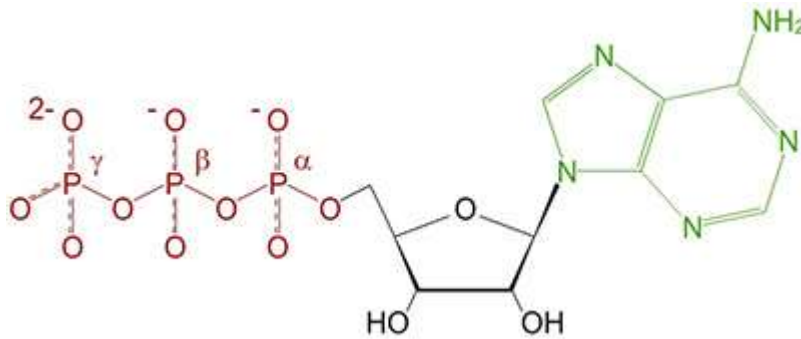
## ANNEXE 3: Formation de liaison hydrogène entre l'acide acétique et le bêtacarotène



**ANNEXE 4 : Flow-sheet du processus d'extraction du  $\beta$ -carotène par l'acide acétique suivi de neutralisation de l'eau distillée**



## ANNEXE 5 : Schéma de la molécule d'ATP



L'ATP est un nucléotide, c'est à dire une molécule formée par un sucre à 5 atomes de carbone, le désoxyribose, une base azotée, l'adénine, et une chaîne de trois acides phosphoriques.

## ANNEXE 6 : La molécule clef de l'énergétique cellulaire

Les êtres vivants tirent leur énergie de l'oxydation des nutriments, et ceci est vrai même pour les plantes chlorophylliennes (qui utilisent l'énergie des photons pour fabriquer de la matière organique qui pourra être oxydée ultérieurement). Cependant, l'énergie libérée lors de cette oxydation n'est pas directement utilisable par les cellules. Elle est captée par un intermédiaire qui, dans l'immense majorité des cas, se révèle être l'ATP. En effet, de très nombreux événements cellulaires ou réactions métaboliques énergétiquement défavorables peuvent se dérouler grâce à la rupture de la liaison phosphodiester riche en énergie d'une molécule d'ATP. On peut citer différents exemples comme:

- le transport actif effectué par l'ATPase sodium potassium, qui assure le maintien des déséquilibres ioniques de part et d'autre des membranes cellulaires en permettant le passage du sodium et du potassium tous deux contre leur gradient électrochimique respectifs;
- La synthèse d'acétylcholine (l'un des principaux neuromédiateurs) à partir d'acétate et de choline selon la réaction  
$$\text{acétate} + \text{choline} + \text{ATP} \rightarrow \text{Acétylcholine} + \text{ADP} + \text{P}_i$$

L'ATP est donc le donneur immédiat d'énergie libre de très loin le plus important dans les systèmes biologiques. Ce rôle d'intermédiaire, couplé au fait que les stocks d'ATP ne sont pas très importants, fait que cette molécule est soumise à un renouvellement intense, ce qui nécessite une production permanente, rapide et importante.

Si on fait le calcul chez l'homme, on estime que la consommation énergétique moyenne d'un individu est d'environ 8 360 kJoules (2 000 kcal) par 24 heures. Cette énergie, contenue dans les molécules organiques (généralement glucides et lipides), doit servir à fabriquer de l'ATP avant d'être utilisée par les cellules.

Le rendement de cette synthèse est nécessairement inférieur à 1, de l'ordre de 0,5, le reste étant perdu sous forme de chaleur. C'est donc environ 4 180 kJoules (1 000 kcal) qui seront stockés transitoirement dans les molécules d'ATP puis utilisés par les cellules. Or, l'hydrolyse d'une mole d'ATP fournit 30,5 kJoules (7,3 kcal) dans les conditions standards (concentration des différents composés intervenants de 1 M) mais près de 50 kJoules (12 kcal) en conditions physiologiques (ref. 1). Les 4 180 Kjoules fournis aux cellules correspondent donc à l'hydrolyse de 83,6 moles d'ATP, soit environ 46 kg. Sachant que le stock d'ATP/ADP pour tout l'organisme est d'environ 0,1 mole (autour de 50g), cela implique qu'il soit renouvelé 460 fois par jour, soit approximativement une fois toutes les 3 minutes. Cette valeur est une moyenne pour un organisme et peut être largement inférieure pour une cellule en cas de très forte demande énergétique (typiquement une cellule musculaire lors d'un effort intense) pour se chiffrer en secondes.

Ce calcul est bien sûr basé sur de nombreuses approximations et le résultat n'est pas à prendre comme un chiffre exact, mais il donne un ordre de grandeur et permet de conclure qualitativement que l'ATP est une molécule possédant un turnover extrêmement rapide.

## TABLE DES MATIERES

REMERCIEMENTS.....	I
SOMMAIRE .....	II
LISTE DES FIGURES.....	III
LISTE DES PHOTOS .....	III
LISTE DES TABLEAUX .....	IV
LISTE DES UNITES ET SYMBOLES.....	IV
LISTE DES ABREVIATIONS.....	V
INTRODUCTION .....	1
PARTIE A : ETUDES BIBLIOGRAPHIQUES.....	2
CHAPITRE 1 : POLYMERES NOIRS D'ACIDE CITRIQUE .....	3
I. Bibliographie sur l'acide citrique .....	3
1. Historique .....	3
a. Source naturelle .....	3
b. Source industrielle .....	3
2. Identification .....	3
3. Obtention.....	4
4. Propriétés .....	6
a. Propriétés chimiques .....	6
b. Propriétés physique .....	7
5. Utilisation .....	7
a. Industrie alimentaire et cosmétique .....	7
b. Industrie pharmaceutique .....	8
c. Autres .....	8
6. Risques de danger ou toxicité .....	10
7. Précautions .....	10
8. Moyens de secours .....	10



II.	LA POLYMERISATION .....	12
1.	Généralités.....	12
2.	Le monomère.....	13
3.	Les différents types de polymérisation .....	13
a.	Polycondensation .....	13
b.	Polymérisation en chaîne .....	13
4.	Le degré de polymérisation.....	18
5.	Structure des polymères .....	19
a.	Les polymères linéaires.....	19
b.	Les polymères ramifiés .....	20
c.	Les polymères réticulés.....	20
d.	Les polymères amorphes et les polymères cristallisés.....	20
6.	Propriétés des polymères .....	21

## CHAPITRE 2 : BETACAROTENE ..... 22

I.	Historique .....	22
II.	Propriétés .....	22
1.	Propriétés chimiques.....	22
2.	Propriétés physiques.....	23
III.	Procédés d'obtention .....	23
IV.	Pont hydrogène .....	23
1.	Définition.....	23
2.	Caractéristiques .....	24
3.	Causes et conséquences du pont hydrogène.....	24
4.	Les liaisons hydrogène par type .....	25
a.	Liaisons hydrogène faibles .....	25
b.	Liaisons modérées .....	25
c.	Liaisons fortes .....	25
V.	Propriétés et utilisations.....	26

## **CHAPITRE 3: LES ADDITIFS..... 27**

I.	L'huile de coco .....	27
1.	Historique .....	27
2.	Les vertus et bonnes raisons d'utiliser l'huile de coco pour les cheveux.....	27
II.	L'ylang – ylang et les fleurs d'or .....	28
1.	Définition de l'huile essentielle.....	28
2.	Historique sur l'Ylang – Ylang.....	29
3.	Historique sur les fleurs d'oranger .....	29
4.	Extraction de l'huile.....	30
III.	Le miel et l'aloès vera .....	31
1.	Le miel .....	31
a.	Les bienfaits du miel .....	31
b.	Caractéristiques physique et chimique .....	32
2.	L'aloès vera .....	32
a.	Historique.....	32
b.	Utilisations .....	33

## **CHAPITRE 4 : LES CHEVEUX ET SES CARACTERISTIQUE..... 35**

I.	Introduction .....	35
II.	Structures et composants d'un cheveu .....	35
III.	Les chiffres du cheveu .....	36
IV.	Effet de la porosité sur les cheveux .....	38

**Partie B : ETUDES EXPERIMENTALES..... 39**

**CHAPITRE 1 : POLYMERISATION DE L'ACIDE CITRIQUE-SYNTHESE DU PN..... 40**

I.	Procédure de synthèse du PN par le catalyseur fer.....	40
II.	Matériels utilisés .....	41
III.	Mode opératoire.....	41
IV.	Interprétation.....	42

**CHAPITRE 2 : EXTRACTION DU BETACAROTENE..... 43**

I.	Principe.....	43
II.	Mode opératoire.....	44

**CHAPITRE 3 : SYNTHESE DES PRODUITS ACTIFS (BASIQUE ET ACIDE) A  
BASE DE PN, D'HUILE DE COCO, DE PRINCIPES ACTIFS ET  
D'HUILE ESSENTIELLE ..... 46**

I.	Introduction .....	46
II.	Matériels utilisés.....	46
III.	Pesage du polymère noir et prélèvement de bêtacarotène.....	46
IV.	Formulation du produit actif basique .....	47
V.	Formulation du produit actif acide .....	48
VI.	Commentaires et discussions .....	50

**CHAPITRE 4 : PROCEDURE DE DOSAGE DES TENEURS EN  
BETACAROTENE ET DES PN AVEC LES ACIDES GRAS DE  
L'HUILE DE COCO ..... 51**

I.	Introduction .....	51
II.	Matériels utilisé .....	51

III.	Procédure de dosage de bêta-carotène dans la chevelure .....	51
	1. Pesage .....	51
	2. Extraction .....	52
	3. Décantation .....	52
	4. Mode opératoire .....	52
	5. Résultats et interprétations.....	53
IV.	Procédure de dosage de polymères noirs dans la chevelure.....	55
	1. Mode opératoire .....	55
	2. Interprétations et résultats.....	56
	a. Produit basique .....	56
	b. Produit légèrement acide .....	56
V.	Test des cheveux après macération.....	58
	1. Test de porosité.....	58
	2. Test d'épaisseur .....	58
	3. Test d'élasticité.....	59
	<b>CONCLUSION GENERALE</b> .....	<b>60</b>

AUTEUR : ANDRIANAIVOARIVONY Mirana

TITRE DU MEMOIRE : « **Formulation de produits cosmétiques à base d'huile de coco, de polymère noire d'acide citrique et de bêtacarotène, additifs énergisants pour une meilleure qualité des cheveux** »

NOM DE L'ENCADREUR : RABEHARITSARA Andry Tahina

NOMBRE DE PAGES : 61

NOMBRE DE TABLEAUX : 4

NOMBRE DE PHOTOS : 13

NOMBRE DE FIGURES : 9

### **RESUME**

Le présent mémoire a pour ambition scientifique l'élaboration de produits cosmétiques à base d'huile de coco, de polymère noir d'acide citrique et de bêtacarotène visant une meilleure qualité de la chevelure. Pour y arriver, la synthèse du polymère noir et l'extraction du bêtacarotène ont été nécessaire avant la formulation des produits. Et les résultats des dosages après extraction à chaud ont montré que les brins de cheveux ont retenu les molécules de bêtacarotène et de PN. D'autre part, une nette amélioration de leurs qualités a été constatée après tests.

MOTS-CLES : Polymère noir, bêtacarotène, dosage, qualité, huile, cheveux.

**TITLE: "Formulation of cosmetic products based on coconut oil, black polymer of citric acid and beta-carotene, energizing additives for a better quality of the hair"**

The present report has as scientific ambition the development of cosmetics products based on coconut oil, black polymer of citric acid and beta-carotene, aimed at improving the quality of the hair. To achieve this, the synthesis of the black polymer and the extraction of beta-carotene were necessary before the formulation of the products. And the results of the hot extraction assays showed that the strands of hair retained the beta-carotene and PN molecules. On the other hand, a marked improvement in their qualities was found after tests.

KEYS WORDS: black polymer, beta carotene, dosage, quality, oil, hair.

**ADRESSE:** Lot 2 N 184 EG Analamahitsy

**Téléphone:** 0340881100/0330565559

**E-mail:** [miranandrian@yahoo.fr](mailto:miranandrian@yahoo.fr)